

Matricola: 0000767589

*Alma Mater Studiorum – Università di Bologna*

## SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

Efficacia della motor imagery nella riabilitazione delle persone colpite  
da ictus

Tesi di Laurea in Metodiche Fisioterapiche

**Relatore:**  
Prof.ssa Ft. Erika Govoni

**Presentata da:**  
Tommaso Gherdovich

**Sessione I**

**Anno accademico 2017/2018**

Alle sei persone che mi  
soportano e mi supportano

# INDICE

<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Introduzione</b>	<b>7</b>
<b>Capitolo 1: L'ictus</b>	<b>9</b>
1.1. Definizione ed epidemiologia	9
1.2. Anatomia del sistema nervoso centrale	11
1.3. La circolazione cerebrale	17
1.4. Cause dell'ictus, vasi principalmente coinvolti e problematiche correlate	19
1.4.1. Infarto nel territorio dell'arteria cerebrale media	19
1.4.2. Infarto nel territorio dell'arteria cerebrale anteriore	22
1.4.3. Infarto nel territorio dell'arteria cerebrale posteriore	22
1.4.4. Occlusione dell'arteria coroidea anteriore e delle arterie perforanti	23
1.4.5. Occlusione dell'arteria carotide	24
1.5. Recupero post-lesionale	25
<b>Capitolo 2: La Motor Imagery</b>	<b>27</b>
2.1. Approcci riabilitativi tradizionali	27
2.2. La motor imagery	29
2.2.1. Definizione e prime applicazioni	29
2.2.2. Come funziona	30
2.2.3. Aree cerebrali connesse alla formazione dell'immagine motoria	34
2.2.4. Come viene tipicamente strutturato un intervento riabilitativo che includa la motor imagery	35
2.2.5. Intensità del trattamento di motor imagery	37
2.2.6. Fase della riabilitazione	37
<b>Capitolo 3: Materiale e metodi</b>	<b>39</b>
3.1. Criteri di eleggibilità degli studi	39
3.2. Metodi di ricerca	39
3.3. Selezione degli studi	40
3.4. Riflessione sulla qualità metodologica degli studi	42
<b>Capitolo 4: Risultati</b>	<b>45</b>
<b>Capitolo 5: Discussione e conclusioni</b>	<b>63</b>
5.1. Discussione	63
5.2. Conclusioni	65
<b>Bibliografia e sitografia</b>	<b>67</b>



## ABSTRACT

**Background:** l'ictus è una patologia che in Italia affligge quasi 200000 individui ogni anno. In molti casi può provocare disabilità di grado importante con limitazioni delle attività e della partecipazione alla vita sociale delle persone colpite, impegno gravoso per i caregivers e ingente spesa a livello sanitario. Differenti interventi terapeutici vengono utilizzati per favorire il recupero delle persone colpite, ma tutti dipendono da figure sanitarie. Da circa vent'anni si sta indagando un differente approccio, la motor imagery o immaginazione del gesto motorio, strategia riabilitativa utilizzata già negli atleti sportivi per favorire l'apprendimento di nuove abilità motorie. Questo processo, è dimostrato, va ad attivare aree cerebrali in parte sovrapponibili a quelle reclutate dallo svolgimento del gesto motorio. La pratica mentale, applicata alla riabilitazione neurologica, potrebbe favorire il riapprendimento di abilità perse, senza necessariamente la presenza continua di una figura sanitaria che guidi la riabilitazione.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di andare a verificare le evidenze a favore di questo tipo di intervento per valutare la possibilità di integrare la motor imagery all'interno dei protocolli riabilitativi tradizionali in persone colpite da ictus.

**Materiali e metodi:** ricercando articoli su tre delle più importanti banche dati in ambito medico, PubMed, PEDro e Chochrane CDSR, si è provato a valutare l'efficacia della motor imagery nella riabilitazione post-stroke. Le revisioni sistematiche prese in considerazione si sono concentrate sull'efficacia della motor imagery nei protocolli riabilitativi dopo stroke, includendo anche studi riguardanti le aree attivate durante l'immaginazione mentale di un'azione e le problematiche che determinate lesioni ad aree cerebrali possono portare alla corretta formazione dell'immagine motoria.

**Risultati:** sono state valutate principalmente cinque revisioni sistematiche, senza restrizioni di outcomes, nel tentativo di arrivare a una conclusione sull'efficacia della motor imagery in seguito a ictus.

**Discussione e conclusioni:** nonostante la presenza di una grande mole di articoli sull'argomento, è impossibile giungere a conclusioni definitive a causa della grande eterogeneità presente tra i vari studi che rende impossibile generalizzare i risultati ottenuti. Per quanto possa sembrare un valido strumento riabilitativo, la motor imagery necessita ancora di approfondimenti e trials più rigorosi dal punto di vista metodologico, per poter arrivare a una valida conclusione sulla sua efficacia.



## INTRODUZIONE

Lo stroke è la causa principale di disabilità tra gli adulti. In seguito ad ictus, la riabilitazione risulta essere un processo di estrema delicatezza e importanza. Il recupero può essere migliorato tramite attività riabilitativa, che mira alla riorganizzazione della funzione delle reti neurali danneggiate per minimizzare i deficit motori e sviluppare nuove strategie di apprendimento. La riabilitazione mira a promuovere la plasticità adattativa delle strutture e della funzione nel cervello non danneggiato, puntando al recupero.

In persone con scarse abilità motorie, tuttavia, partecipare alla fisioterapia tradizionale può essere complicato a causa delle difficoltà fisiche, e può essere arduo fornire stimoli rilevanti per favorire la plasticità neuronale (dipendente dalle esperienze fatte), la neuroriabilitazione e il recupero.

Oltre alle condizioni del paziente, bisogna pensare anche alla logistica organizzativa ed economica alle spalle del percorso riabilitativo.

Durante il mio percorso di studi ho avuto la fortuna di svolgere tirocini in strutture neuroriabilitative di eccellenza, quali l'Ospedale Maggiore e la Casa dei Risvegli Luca De Nigris. Qui, nonostante la specializzazione, difficilmente si riescono a superare le quattro ore di attività riabilitativa quotidiana (quantità di tempo decisamente superiore ad altri ospedali o a centri di riabilitazione convenzionati), lasciando persone, spesso anche molto giovani, nell'inattività per molte ore al giorno.

Durante le lunghe e fruttuose chiacchierate a lezione, in particolare con le docenti dei corsi di metodiche fisioterapiche e di fisioterapia in neurologia, è stato trattato l'argomento della motor imagery (o immaginazione motoria), il processo di immaginare un gesto motorio senza eseguirlo materialmente. Questa semplice azione mentale, praticamente a costo zero per il Servizio Sanitario Nazionale e senza rischi per le persone assistite, potrebbe essere considerata una chiave di volta in ambito neuroriabilitativo (ammesso che sia realmente efficace) poiché, sia durante l'immaginazione motoria che durante l'esecuzione, vengono attivate, in modo quasi sovrapponibile, le medesime aree cerebrali. Se si considera il fatto che, in seguito a ictus, una persona potrebbe ritrovarsi con importanti difficoltà motorie, si comprende l'importanza di una simile attività che andrebbe a tenere "allenate" aree cerebrali altrimenti destinate alla "immobilità", andrebbe a fornire afferenze importanti al sistema nervoso centrale, mantenendo ben presenti e rappresentate aree cerebrali che altrimenti sarebbero destinate ad essere colpite, in modo sfavorevole, dalla neuroplasticità.

Ed ecco prendere forma lo scopo della mia tesi, con un quesito apparentemente semplice e, al contempo, estremamente articolato: l'efficacia della motor imagery nella riabilitazione di persone colpite da ictus.



# Capitolo 1

## L'ICTUS

### 1.1 Definizione ed epidemiologia

L'ictus è definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) come un'improvvisa comparsa di segni e sintomi riferibili a deficit focale e/o globale delle funzioni cerebrali, di durata superiore alle 24 ore o a esito infausto, di probabile origine vascolare.

In Italia l'ictus è la terza causa di morte, dopo le malattie ischemiche del cuore e le neoplasie; causa il 10-12% di tutti i decessi per anno e rappresenta la prima causa di invalidità<sup>1</sup>. Ogni anno si verificano in Italia circa 196.000 ictus, di cui il 20% sono recidive. Il 10-20% delle persone colpite da ictus cerebrale muore entro un mese e un altro 10% entro il primo anno di vita. Solo il 25% dei pazienti sopravvissuti ad un ictus guarisce completamente, il 75% sopravvive con una qualche forma di disabilità, e di questi la metà è portatore di un deficit così grave da perdere l'autosufficienza.

L'ictus è più frequente dopo i 55 anni, la sua prevalenza raddoppia successivamente ad ogni decade, il 75% degli ictus si verifica nelle persone con più di 65 anni. La prevalenza di ictus nelle persone di età 65-84 anni è del 6,5% (negli uomini 7,4%, nelle donne 5,9%).

Possiamo individuare due tipologie di ictus:

- ictus ischemico: si verifica quando le arterie cerebrali vengono ostruite dalla graduale formazione di una placca aterosclerotica e/o da un coagulo di sangue, che si forma sopra la placca arteriosclerotica (ictus trombotico) o che proviene dal cuore o da un altro distretto vascolare (ictus trombo-embolico). Circa l'80% di tutti gli ictus è ischemico;
- ictus emorragico: si verifica quando un'arteria del cervello si rompe, provocando così un'emorragia intracerebrale non traumatica (questa forma rappresenta il 13% di tutti gli ictus) o caratterizzata dalla presenza di sangue nello spazio sub-aracnoideo (l'aracnoide è una membrana protettiva del cervello; questa forma rappresenta circa il 3% di tutti gli ictus). L'ipertensione è quasi sempre la causa di questa gravissima forma di ictus.

---

<sup>1</sup>[http://www.salute.gov.it/portale/salute/p1\\_5.jsp?lingua=italiano&id=28&area=Malattie\\_cardiovascolari](http://www.salute.gov.it/portale/salute/p1_5.jsp?lingua=italiano&id=28&area=Malattie_cardiovascolari).

Tra i fattori di rischio<sup>2</sup> predisponenti eventi ictali troviamo:

- fattori non modificabili:

- Età;
- Fattori genetici;
- Fattori etnici;
- Storia di gravidanza patologica per eventi ostetrici negativi placenta-mediati (preeclampsia e/o disordini ipertensivi in gravidanza, perdite fetali, ridotto peso alla nascita e parto pretermine, diabete gestazionale);
- Menopausa precoce;

- fattori modificabili:

- Ipertensione arteriosa;
- Fibrillazione atriale;
- Altre cardiopatie (infarto miocardico acuto; cardiomiopatie, valvulopatie, forame ovale pervio e aneurisma del setto interatriale, placche arco aortico);
- Ipertrofia ventricolare sinistra;
- Diabete mellito;
- Dislipidemia;
- Obesità;
- Iperomocisteinemia;
- Stenosi carotidea;
- Fumo di sigaretta;
- Eccessivo consumo di alcool;
- Ridotta attività fisica;
- Dieta;
- Anemia a cellule falciformi.

Per analizzare e comprendere meglio un fenomeno tanto frequente quanto complesso, partiamo dalle basi dell'anatomia del sistema nervoso centrale.

---

<sup>2</sup>SPREAD – Stroke Prevention and Educational Awareness Diffusion Ictus cerebrale: Linee guida italiane di prevenzione e trattamento.

## 1.2 Anatomia del Sistema Nervoso Centrale<sup>3</sup>

Il sistema nervoso è in grado di ottenere informazioni dall'ambiente in cui l'organismo vive, di valutare il significato di queste informazioni e di generare risposte comportamentali appropriate. L'assolvimento di questi compiti comporta l'esistenza di un'organizzazione anatomica di considerevole complessità.

Il sistema nervoso umano è costituito da parecchi miliardi di neuroni, ognuno dei quali riceve ed emette migliaia di connessioni. Alcune di queste connessioni si estendono per quasi un metro di distanza dai somi di origine. Nonostante questa complessità, la struttura del sistema nervoso è simile negli individui della stessa specie. La conoscenza della struttura dei neuroni e delle vie attraverso le quali fluiscono le informazioni nervose all'interno del sistema nervoso centrale è importante non solo per capirne il normale funzionamento, ma anche per poter identificare le regioni cerebrali interessate dalle malattie neurologiche.

Il sistema nervoso presenta due diverse componenti: il sistema nervoso centrale, che è composto dal cervello e dal midollo spinale, ed il sistema nervoso periferico, composto da aggregati di particolari neuroni (i gangli) e dai nervi periferici. Il sistema nervoso periferico ritrasmette informazioni al sistema nervoso centrale ed esegue i comandi motori generati a livello del cervello e del midollo spinale. L'azione più semplice richiede l'integrazione dell'attività di una molteplicità di vie sensoriali, motorie e motivazionali del sistema nervoso centrale.

Il sistema nervoso centrale comprende sette parti principali:

1. Il midollo spinale rappresenta la parte più caudale del sistema nervoso centrale e, per molti aspetti, è anche la più semplice. Si estende dalla base cranica alla prima vertebra lombare. Il midollo spinale riceve informazioni sensitive dalla cute, dalle articolazioni e dai muscoli del tronco e degli arti e contiene i motoneuroni che mediano i movimenti volontari e riflessi. Lungo la sua estensione longitudinale il midollo spinale varia per dimensioni e forma a seconda che i nervi motori che da esso fuoriescono innervino gli arti o il tronco. Nel midollo spinale la sostanza grigia è disposta al centro ed è circondata da sostanza bianca. All'interno della sostanza grigia, che contiene i somi delle cellule nervose, si distinguono un corno dorsale e un corno ventrale (così denominati in quanto la sostanza grigia nelle sezioni

---

<sup>3</sup> Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell; Principi di neuroscienze; 2003; terza edizione; pag 317-320.

trasverse ha una forma ad H). Nel corno dorsale si trovano, disposti in modo topograficamente organizzato, i neuroni di ritrasmissione sensitiva, che ricevono afferenze dalla periferia, mentre nel corno ventrale si trovano i motoneuroni, che innervano i muscoli scheletrici. La sostanza bianca è costituita da fasci (o tratti) longitudinali di assoni mielinici che formano vie ascendenti, attraverso le quali le informazioni sensitive raggiungono il cervello, e vie discendenti, che trasmettono i comandi motori e segnali modulatori provenienti dal cervello. Le fibre nervose che connettono il midollo spinale con i muscoli e i recettori sensitivi della cute formano 31 paia di nervi spinali, ciascuno dei quali presenta una componente sensitiva, che fuoriesce dalla parte dorsale del midollo spinale (radice dorsale), ed una componente motoria, che emerge dalla parte ventrale (radice ventrale). Le radici dorsali ritrasmettono al midollo spinale informazioni sensitive provenienti dai muscoli e dalla cute. Le sensazioni dolorifiche, termiche e tattili sono mediate da fasci distinti di fibre delle radici dorsali. Il midollo spinale riceve anche informazioni sensitive dagli organi interni. Le radici ventrali sono fasci di fibre composte dagli assoni dei motoneuroni che innervano i muscoli scheletrici. I motoneuroni del midollo spinale formano la cosiddetta “via finale comune”, in quanto tutti i livelli cerebrali superiori che controllano l’attività motoria debbono, alla fine, agire attraverso questi neuroni del corno ventrale e le loro connessioni con i muscoli. Le radici ventrali di alcuni segmenti del midollo spinale contengono anche assoni simpatici e parasimpatici. Le tre successive suddivisioni del sistema nervoso centrale disposte rostralmente al midollo spinale e cioè il bulbo, il ponte ed il mesencefalo, costituiscono nel loro insieme il tronco dell’encefalo. Esso è la continuazione, in senso rostrale, del midollo spinale e contiene gruppi distinti di cellule nervose che fanno parte di numerosi sistemi sensoriali e motori. Le afferenze sensoriali e le efferenze motorie del tronco dell’encefalo sono convogliate da 12 nervi cranici, che dal punto di vista funzionale sono analoghi ai 31 nervi spinali. Mentre il midollo spinale media le sensazioni ed il controllo motorio del tronco e degli arti, il tronco dell’encefalo è implicato nell’analisi delle sensazioni del capo, del collo e del volto e nel controllo motorio di queste regioni. Esso è anche la sede d’ingresso di informazioni provenienti da alcuni sensi speciali, come l’udito, l’equilibrio e il gusto. I motoneuroni del tronco dell’encefalo controllano i muscoli del capo e del collo, mentre i suoi neuroni mediano inoltre numerosi riflessi parasimpatici, come la diminuzione della frequenza cardiaca e della

pressione arteriosa, l'aumento della peristalsi intestinale e la costrizione delle pupille. Il tronco dell'encefalo contiene anche vie ascendenti e discendenti che ritrasmettono informazioni sensitive e motorie per e da altre regioni del sistema nervoso centrale. Inoltre, una rete di neuroni relativamente diffusa, situata nella parte centrale del tronco dell'encefalo, denominata formazione reticolare, riceve una sorta di sommario della maggior parte delle informazioni sensoriali che raggiungono il midollo spinale ed il tronco dell'encefalo ed ha un importante ruolo funzionale nella regolazione del livello di vigilanza (arousal) dell'organismo.

2. Il bulbo costituisce l'estensione rostrale diretta del midollo spinale ed assomiglia ad esso sia per la sua organizzazione che per le funzioni che svolge. I gruppi di neuroni del bulbo prendono parte alla regolazione della pressione arteriosa e della respirazione. Il bulbo contiene anche gruppi di cellule nervose che formano alcuni dei primi nuclei di trasmissione implicati nel gusto, nell'udito e nel mantenimento dell'equilibrio ed altri gruppi di neuroni che controllano i muscoli del collo e del volto.
3. Il ponte è posto rostralmente al bulbo e forma una protuberanza in corrispondenza della superficie ventrale del tronco dell'encefalo. La sua parte ventrale contiene una grande quantità di aggregati di neuroni, i nuclei pontini, che ritrasmettono informazioni di natura motoria e sensoriale dagli emisferi cerebrali al cervelletto. La sua parte dorsale contiene formazioni implicate nella respirazione, nel gusto e nel sonno.
4. Il cervelletto, disposto dorsalmente al ponte, contiene di gran lunga il più elevato numero di neuroni di tutte le suddivisioni cerebrali, compresi gli emisferi cerebrali. Nonostante ciò, esso contiene relativamente pochi tipi di neuroni e, di conseguenza, i suoi circuiti sono ben noti. La superficie, o corteccia, del cervelletto viene suddivisa in lobi sulla base della presenza di particolari fessure. Il cervelletto riceve afferenze somatosensitive dal midollo spinale, informazioni motorie dalla corteccia cerebrale e informazioni concernenti il senso dell'equilibrio dagli organi vestibolari dell'orecchio interno. Esso è importante per il mantenimento della postura, per la coordinazione dei movimenti del capo e degli occhi ed è implicato nella regolazione fine del movimento e dell'apprendimento delle abilità motorie. In passato il cervelletto è stato considerato come una struttura puramente motoria, ma recenti studi di visualizzazione funzionale del cervello umano hanno dimostrato che esso è implicato anche nel linguaggio ed in altre funzioni cognitive. Alla base di

queste sue competenze funzionali sta una cospicua afferenza ai nuclei pontini proveniente da particolari aree associative del neocortex (o neocorteccia, porzione di corteccia cerebrale con sviluppo filogenetico più recente).

5. Il mesencefalo, che è la regione più piccola del tronco dell'encefalo, è disposto rostralmente al ponte. I neuroni del mesencefalo stabiliscono importanti connessioni fra componenti dei sistemi motori: il cervelletto in particolare, poi i nuclei della base e gli emisferi cerebrali. Per esempio, la substantia nigra, che è un particolare nucleo del mesencefalo, fornisce un'importante afferenza ad una parte dei nuclei della base implicati nella regolazione dei movimenti volontari. Il mesencefalo contiene anche formazioni appartenenti ai sistemi uditivo e visivo. Infine, numerose regioni del mesencefalo sono connesse con i muscoli oculari estrinseci e danno origine alle principali vie di controllo dei movimenti oculari.
6. Il diencefalo presenta due suddivisioni principali: il talamo e l'ipotalamo. Il talamo costituisce una stazione di ritrasmissione essenziale delle informazioni sensoriali (a parte quelle olfattive) che provengono dai recettori periferici alle regioni degli emisferi cerebrali deputate all'analisi delle informazioni sensoriali. Si riteneva in passato che il talamo fungesse solamente da stazione di ritrasmissione delle informazioni sensoriali dirette alla neocortex, ma è stato recentemente dimostrato in modo conclusivo che esso svolge anche una funzione di filtro ed un ruolo modulatorio per le informazioni sensoriali che ritrasmette. In altri termini, il talamo determina se le informazioni sensoriali debbano raggiungere il livello di coscienza a livello del neocortex. Esso prende parte ai processi di integrazione delle informazioni motorie provenienti dal cervelletto e dai nuclei della base e ritrasmette queste informazioni alle regioni degli emisferi cerebrali implicane nel movimento. Il diencefalo contiene anche regioni che, al pari della formazione reticolare, si ritiene influenzino i livelli di attenzione e di coscienza. L'ipotalamo è disposto ventralmente rispetto al talamo e regola numerose forme di comportamento che sono essenziali per l'omeostasi e la riproduzione. Per esempio, esso controlla svariate funzioni corporee, quali l'accrescimento, l'assunzione di cibo e di liquidi ed il comportamento materno regolando la secrezione di ormoni da parte dell'ipofisi. L'ipotalamo influenza il comportamento anche attraverso le cospicue connessioni afferenti ed efferenti che intrattiene praticamente con tutte le regioni del sistema nervoso centrale. Esso è una componente essenziale del sistema motivazionale del cervello, in quanto è implicato nell'avvio e nel mantenimento di

quelle forme di comportamento attraverso le quali l'organismo trova soddisfazione alle proprie esigenze. Una parte dell'ipotalamo, il nucleo soprachiasmatico, regola i ritmi circadiani, cioè quei comportamenti ciclici che seguono il ciclo giornaliero luce-buio.

7. Gli emisferi cerebrali risultano essere la regione più vasta di tutto il sistema nervoso centrale dell'uomo e comprendono la corteccia cerebrale, la sostanza bianca sottostante e tre formazioni nucleari profonde: i nuclei della base, l'amigdala e la formazione dell'ippocampo. Essi sono implicati in funzioni percettive, motorie e cognitive, come la memoria e le emozioni. I due emisferi sono interconnessi dal corpo calloso, che è un cospicuo fascio di fibre che mette in connessione regioni simmetriche dei due emisferi. Il corpo calloso, visibile in corrispondenza della superficie mediale degli emisferi, è la più sviluppata di tutte le commessure, formazioni contenenti fibre che mettono in connessione regioni fondamentalmente simili del lato sinistro e di quello destro del sistema nervoso centrale. L'amigdala è implicata nel comportamento sociale e nell'espressione delle emozioni, mentre l'ippocampo si occupa della memoria ed i nuclei della base nel controllo del movimento fine. La corteccia cerebrale viene suddivisa in quattro lobi principali che, dal nome delle ossa craniche sovrastanti, sono stati denominati lobi frontale, parietale, temporale ed occipitale. Ogni lobo comprende numerose regioni funzionalmente distinte. Il lobo temporale, per esempio, contiene regioni distinte che sono implicate in funzioni uditive, visive o mnemoniche. Due altre formazioni della corteccia cerebrale sono la corteccia del cingolo, che circonda la superficie dorsale del corpo calloso, e la corteccia dell'insula, ricoperta dai lobi frontale, parietale e temporale. (La parte di corteccia cerebrale che sovrasta e nasconde l'insula all'interno del solco laterale viene detta opercolo). I quattro lobi sono delimitati in modo ben evidente da alcuni solchi particolarmente pronunciati che nel cervello dell'Uomo occupano una posizione relativamente costante. Uno dei solchi più evidenti della corteccia cerebrale è il solco laterale o scissura di Silvio, che separa il lobo temporale dai lobi frontale e parietale. La corteccia dell'insula forma il confine mediale del solco laterale. Un altro solco rilevante, il solco centrale, decorre in senso mediale e laterale lungo la superficie dorsale degli emisferi e separa i lobi frontale e parietale. Molte aree della corteccia cerebrale sono implicate principalmente nell'elaborazione di informazioni sensoriali o nell'emissione di comandi motori. Inoltre, ogni area devoluta ad una particolare

modalità sensoriale o ad una specifica funzione motoria comprende più regioni specializzate che svolgono ruoli diversi nell'elaborazione delle informazioni. Queste aree vengono dette aree sensoriali o motorie primarie, secondarie o terziarie, a seconda del loro grado di prossimità funzionale rispetto alla periferia sensoriale e alle vie motrici. Per esempio, la corteccia motrice primaria media i movimenti volontari degli arti e del tronco e viene detta primaria perché contiene i neuroni che proiettano direttamente al midollo spinale ed attivano i motoneuroni somatici. Le aree sensoriali primarie ricevono la maggior parte delle informazioni direttamente dal talamo e solo poche stazioni sinaptiche sono interposte fra il talamo ed i recettori periferici. La corteccia visiva primaria è situata nella parte caudale del lobo occipitale ed occupa principalmente l'area della scissura calcarina, mentre la corteccia uditiva primaria si trova nel lobo temporale, e corrisponde ad alcuni giri (giri di Heschl) disposti in corrispondenza del solco laterale. La corteccia somatosensitiva primaria è situata nella parte caudale del solco centrale, a livello del giro post-centrale del lobo parietale. Ogni area sensoriale primaria ritrasmette informazioni ad un'area adiacente di ordine superiore (o area associativa unimodale), che elabora ulteriormente le informazioni di una sola modalità sensoriale. Ogni area di ordine superiore invia le proiezioni ad una delle tre principali aree associative multimodali, che integrano le informazioni provenienti da due o più modalità sensoriali e le coordinano in un piano d'azione. La corteccia motrice primaria, situata rostralmente al solco centrale, è connessa direttamente con i sistemi motori del midollo spinale. Le sue cellule influenzano i neuroni del corno ventrale del midollo spinale, che generano i movimenti muscolari. Mentre le aree sensoriali primarie della corteccia sono la sede corticale iniziale di elaborazione delle informazioni sensoriali, la corteccia motrice primaria è la sede corticale finale di elaborazione dei comandi motori. Le aree motorie di ordine superiore, situate nel lobo frontale, rostralmente alla corteccia motrice primaria, elaborano i programmi del movimento, che poi vengono ritrasmetti alla corteccia motrice primaria per la loro esecuzione finale.



### 1.3 La circolazione cerebrale <sup>4</sup>

Il sistema nervoso centrale è estremamente sensibile alle alterazioni dell'apporto ematico. Condizioni di anossia e di ischemia della durata di appena pochi secondi provocano l'insorgenza di manifestazioni neurologiche e se durano alcuni minuti causano lesioni cerebrali irreversibili. Il flusso ematico attraverso il sistema nervoso centrale deve quindi apportare, in quantità sufficienti, ossigeno, glucosio ed altre sostanze nutritive e deve rimuovere anidride carbonica, acido lattico ed altri prodotti catabolici.

I vasi cerebrali possiedono caratteristiche anatomiche e fisiologiche particolari che assicurano un'efficace protezione del cervello dalle variazioni dei parametri circolatori. Quando questi meccanismi protettivi perdono di efficacia, si determinano condizioni che causano apoplezia cerebrale. In senso lato, il termine apoplezia cerebrale, o accidente vascolare, o ictus, o stroke, viene usato per designare i sintomi e i segni neurologici, in genere focali ed acuti, provocati da processi patologici che interessano i vasi sanguigni.

Ogni emisfero cerebrale viene irrorato da un'arteria carotide interna, che si origina dall'arteria carotide comune al di sotto dell'angolo mandibolare, penetra nel cranio attraverso il forame carotideo, attraversa il seno cavernoso (dando origine, a questo livello, all'arteria oftalmica), passa attraverso la dura madre e si divide nelle arterie cerebrali anteriore e media.

I grandi rami superficiali dell'arteria cerebrale anteriore irrorano la corteccia e la sostanza bianca del lobo frontale inferiore, la superficie mediale dei lobi frontale e parietale e la parte anteriore del corpo calloso. I rami perforanti, compresa la cosiddetta arteria ricorrente di Heubner, sono più piccoli ed irrorano regioni telencefaliche e diencefaliche profonde, quali le strutture limbiche, la testa del nucleo caudato e il braccio anteriore della capsula interna. I grandi rami superficiali dell'arteria cerebrale media irrorano la maggior parte della corteccia e della sostanza bianca della convessità degli emisferi, quali i lobi frontale, parietale, temporale e occipitale e l'insula. I rami perforanti (arterie lenticolo-striate) sono più piccoli ed irrorano le regioni più profonde della sostanza bianca e strutture diencefaliche, quali il braccio posteriore della capsula interna, il putamen, il segmento esterno del globus pallidus e il corpo del nucleo caudato.

L'arteria carotide interna, dopo la sua emergenza dal seno cavernoso, dà origine all'arteria coroidea anteriore, che irrorla la parte anteriore dell'ippocampo e, a livello più caudale, il braccio posteriore della capsula interna.

---

<sup>4</sup> Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell; Principi di neuroscienze; 2003; terza edizione; pag 1289-1296.

L'arteria vertebrale destra e sinistra si originano dalla corrispondente arteria succlavia e penetrano nel cranio attraverso il forame magno. Ciascuna di queste arterie dà origine all'arteria spinale anteriore e all'arteria cerebellare posteroinferiore.

Dalla convergenza delle due arterie vertebrali a livello della giunzione tra ponte e bulbo, si forma l'arteria basilare, che a livello del ponte dà origine all'arteria cerebellare antero-inferiore e all'arteria uditiva interna e a livello del mesencefalo all'arteria cerebellare superiore. L'arteria basilare si suddivide quindi nelle due arterie cerebrali posteriori, che irrorano la parte inferiore del lobo temporale, la parte mediale del lobo occipitale e la parte posteriore del corpo calloso. I rami perforanti più piccoli di questi vasi (arterie talamo-perforante e talamo-genicolata) irrorano strutture diencefaliche, come i nuclei talamici e subtalamici, e una parte del mesencefalo.

Le interconnessioni fra i vasi sanguigni (anastomosi) proteggono il sistema nervoso centrale in caso di blocco parziale dell'irrorazione vascolare cerebrale. A livello del circolo di Willis (vasto sistema di anastomosi arteriose presente alla base della scatola cranica), le due arterie cerebrali anteriori sono interconnesse dall'arteria comunicante anteriore e le arterie cerebrali posteriori sono connesse alle arterie carotidi interne attraverso le arterie comunicanti posteriori. Questo complesso arterioso assicura un'irrorazione ematica supplementare. L'incompletezza congenita del circolo di Willis, che è un'evenienza abbastanza comune, è significativamente più frequente fra i pazienti che hanno sofferto di episodi apoplettici. Altre importanti anastomosi esistono fra l'arteria oftalmica e alcuni rami dell'arteria carotide esterna, attraverso l'orbita, e, a livello della superficie cerebrale, fra rami delle arterie cerebrali media, anteriore e posteriore (zone di confine in comune o spartiacque in comune). I piccoli vasi penetranti che si originano dal circolo di Willis e dai tronchi prossimali delle arterie principali non hanno la tendenza a stabilire anastomosi. Le regioni cerebrali profonde irrorate da questi vasi vengono perciò dette zone terminali.

Sebbene il sistema nervoso centrale dell'Uomo abbia un peso pari al 2% del peso corporeo totale, esso riceve circa il 15% della gittata cardiaca totale ed ha un consumo di ossigeno pari al 20% del consumo totale. Questi valori documentano l'elevato metabolismo e il notevole consumo di ossigeno del sistema nervoso centrale. Il flusso ematico cerebrale totale è di circa 750-1000 ml/min; di cui circa 350 ml fluiscono attraverso ciascuna arteria carotide interna e circa 100-200 ml fluiscono attraverso il sistema vertebro-basilare. Per unità di massa il flusso della sostanza grigia è circa quattro volte più elevato di quello della sostanza bianca.

#### **1.4 Cause dell'ictus, vasi principalmente coinvolti e problematiche correlate**

Le alterazioni patologiche dei vasi sanguigni sono fra le cause più frequenti di disturbi neurologici gravi. L'apoplessia cerebrale può essere di natura occlusiva (dovuta a chiusura di un vaso sanguigno) o di natura emorragica (dovuta a fuoriuscita di sangue da un vaso).

L'insufficienza dell'irrorazione sanguigna viene detta ischemia. Se è temporanea (attacco ischemico transitorio o TIA), la sintomatologia può regredire senza che residui alcun segno patologico di danno tissutale. Il termine ischemia non è sinonimo di anossia, in quanto una riduzione dell'irrorazione sanguigna priva il tessuto non solo di ossigeno, ma anche di glucosio. Inoltre, essa impedisce lo smaltimento di metaboliti potenzialmente tossici, come l'acido lattico. Quando l'ischemia è sufficientemente grave e prolungata, i neuroni e gli altri elementi cellulari vanno incontro a morte: questa condizione viene detta infarto.

L'emorragia può verificarsi in corrispondenza della superficie cerebrale (extraparenchimale), in seguito per esempio alla rottura di aneurismi congeniti del circolo di Willis, che provocano emorragie subaracnoidee. Di converso, l'emorragia può essere intra-parenchimale, per esempio per rottura di vasi lesionati da una condizione ipertensiva di lunga durata, e può provocare la formazione di un coagulo sanguigno o ematoma all'interno degli emisferi cerebrali, nel tronco dell'encefalo o nel cervelletto. L'emorragia può avere come conseguenze l'ischemia o l'infarto. La massa dell'ematoma intracerebrale può provocare la riduzione dell'irrorazione sanguigna del tessuto cerebrale adiacente. Per ragioni ancora ignote, l'emorragia subaracnoidea può provocare un vasospasmo reattivo dei vasi della superficie cerebrale, che causa un ulteriore danno ischemico cerebrale.

Sebbene la maggior parte delle apoplessie cerebrali di tipo occlusivo siano dovute a processi aterosclerotici e trombotici e la maggior parte delle apoplessie di tipo emorragico siano provocate da ipertensione o da aneurismi, gli accidenti vascolari di entrambi i tipi possono manifestarsi in qualunque età e possono essere determinati da numerose cause: malattie cardiache, traumi, infezioni, neoplasie, discrasie ematiche, malformazioni vascolari, processi patologici di natura immunologica e tossine esogene. Le procedure diagnostiche e il trattamento variano a seconda della causa.

##### *1.4.1 Infarto nel territorio dell'arteria cerebrale media*

L'infarto nel territorio dell'arteria cerebrale media (corteccia e sostanza bianca) è la causa più frequente di sindrome di apoplessia cerebrale e provoca paresi, deficit somatosensitivi, alterazioni del campo visivo (emianopsia omonima) e, a seconda dell'emisfero interessato, disturbi del linguaggio o deficit della percezione spaziale.

La paresi e i deficit sensitivi interessano più frequentemente il volto e l'arto superiore rispetto all'arto inferiore, a causa della somatotopia della corteccia motrice e di quella somatosensitiva (giri pre e postcentrale). Le aree di controllo della faccia e dell'arto superiore si trovano a livello della convessità, mentre l'area di controllo dell'arto inferiore è situata sulla superficie mediale dell'emisfero. I deficit motori e sensitivi sono più gravi a carico della mano, in quanto i segmenti più prossimali degli arti e il tronco tendono ad avere una maggiore rappresentazione in entrambi gli emisferi. I muscoli paraspinali, per esempio, raramente vengono colpiti da paresi in caso di lesioni cerebrali unilaterali. Analogamente, i muscoli facciali della parte superiore del capo e i muscoli della faringe e della mandibola sono rappresentati in entrambi gli emisferi e quindi in generale vengono risparmiati. I disturbi motori a carico della lingua possono essere più o meno gravi. Se la paresi è grave (plegia), il tono muscolare risulta inizialmente diminuito, ma aumenta gradualmente nell'arco di alcuni giorni o di alcune settimane e sfocia in una condizione di spasticità con riflessi tendinei iperattivi. Il segno di Babinski, che indica l'esistenza di una lesione del motoneurone superiore, è in genere presente sin dall'inizio. Quando la paresi è lieve o durante il recupero, la goffaggine e la lentezza dei movimenti sono molto più accentuati della riduzione della forza muscolare; questi disturbi motori ricordano la bradicinesia parkinsoniana o anche l'atassia cerebellare.

Nella fase acuta spesso è presente paresi dello sguardo coniugato dal lato controlaterale per interessamento della regione corticale che si trova al davanti della corteccia motrice (campi visivi frontali). La ragione per la quale questa paralisi dello sguardo persiste solo per 1 o 2 giorni, anche quando la sintomatologia rimane grave, non è ancora chiara.

I deficit sensitivi tendono ad interessare maggiormente le modalità discriminativa e propriocettiva che quelle affettive. La sensibilità dolorifica e quella termica possono risultare alterate, ma in genere non vengono mai perse del tutto. Il senso di posizione delle articolazioni può essere invece colpito in modo grave, nel qual caso si ha atassia degli arti. Si può avere inoltre perdita della discriminazione di due punti, astereognosia (incapacità di riconoscere un oggetto attraverso la sua esplorazione tattile) o estinzione (incapacità a percepire uno stimolo tattile quando un altro stimolo equivalente viene simultaneamente applicato dal lato normale).

L'emianopsia omonima è causata da lesioni della radiazione ottica, il tratto di fibre sito in posizione profonda che connette il corpo genicolato laterale del talamo con la corteccia visiva (calcarina). Se viene interessata principalmente la divisione parietale della

radiazione, si avrà un deficit visivo del quadrante inferiore, mentre per lesioni del lobo temporale il deficit interesserà il quadrante superiore.

In più del 95% dei destrimani e nella maggior parte dei soggetti mancini l'emisfero dominante per il linguaggio è il sinistro. Nei pazienti in cui è dominante l'emisfero sinistro la distruzione della corteccia opercolare (peri-silviana) sinistra provoca afasia, che può presentarsi in forme diverse a seconda dell'estensione e della sede della lesione. Le lesioni opercolari frontali tendono a produrre deficit che interessano la capacità di parlare e di scrivere, con relativa conservazione della capacità di comprensione del linguaggio (afasia di Broca), mentre l'infarto del giro temporale superiore provoca gravi difficoltà nella comprensione del linguaggio parlato e scritto (afasia di Wernicke). Quando la lesione opercolare è estesa, si hanno disturbi di tipo misto (afasia globale).

Le lesioni della convessità dell'emisfero sinistro, specialmente quelle in sede parietale, possono provocare anche aprassia motoria, un disturbo nell'esecuzione degli atti motori appresi con l'esperienza non dovuto a paresi o ad incoordinazione motoria, con conservazione della capacità di esecuzione di quegli stessi atti quando viene modificato il contesto in cui essi vengono eseguiti. Per esempio, il paziente non è in grado di eseguire l'atto di accendere un fiammifero imitando un altro soggetto, ma è capace di compiere correttamente questo stesso atto, in modo spontaneo, se gli viene dato da accendere un fiammifero.

Gli infarti della convessità dell'emisfero destro, specialmente quelli in sede parietale, tendono a provocare deficit delle percezioni spaziali. I disturbi possono riguardare la capacità di copiare semplici disegni o diagrammi (aprassia costruttiva), di interpretare una mappa o di ritrovare in essa una via (agnosia topografica) o di indossare correttamente un capo di vestiario (aprassia dell'abbigliamento).

Può risultare inoltre particolarmente compromessa la consapevolezza dello spazio extrapersonale controlaterale o dell'emisoma controlaterale alla lesione (emi-inattenzione o emi-negligenza). In questo caso i pazienti possono rifiutarsi di riconoscere l'esistenza della loro emiplegia (anosognosia), del loro braccio sinistro (somatoagnosia) o di un qualunque oggetto posto a sinistra della linea mediana del corpo. Questi fenomeni si manifestano indipendentemente dall'eventuale presenza di difetti del campo visivo, anche in pazienti che per il resto non presentano nessun deficit di tipo cognitivo.

Forme particolari di disfunzione del linguaggio o della percezione spaziale tendono a manifestarsi a seguito dell'occlusione non tanto della parte prossimale dell'arteria cerebrale media, quanto di uno dei suoi numerosi rami piali principali. In tali caso gli altri sintomi

(per es. paresi o difetti del campo visivo) possono essere assenti. Analogamente, l'occlusione del ramo rolandico dell'arteria cerebrale media può determinare l'insorgenza di deficit motori e sensitivi a carico del volto e dell'arto superiore, senza che si manifestino disturbi della visione, del linguaggio o della percezione spaziale.

#### *1.4.2 Infarto nel territorio dell'arteria cerebrale anteriore*

Gli infarti che interessano il territorio dell'arteria cerebrale anteriore provocano paresi e deficit sensitivi qualitativamente simili a quelli che si osservano per lesioni della convessità, ma che interessano principalmente le regioni distali dell'arto inferiore controlaterale. Può essere presente anche incontinenza urinaria, ma non è certo se sia dovuta a lesione del lobulo paracentrale (corteccia motrice e somatosensitiva della superficie mediale dell'emisfero) o di una regione più anteriore implicata nell'inibizione dello svuotamento della vescica.

Le lesioni della corteccia motrice supplementare possono provocare disturbi del linguaggio, che alcuni considerano di natura afasica ed altri come un tipo particolare di inerzia motoria. L'interessamento della parte anteriore del corpo calloso può provocare aprassia a carico del braccio sinistro (aprassia simpatica), che viene attribuita all'interruzione delle connessioni dell'emisfero sinistro (dominante per il linguaggio) con la corteccia motrice di destra.

L'infarto bilaterale nel territorio dell'arteria cerebrale anteriore (che si verifica, per esempio, quando entrambe le arterie prendono origine in modo anomalo da un singolo tronco arterioso) può provocare un grave disturbo comportamentale, denominato abulia, caratterizzato da apatia profonda, inerzia motoria e mutismo, che viene attribuito a distruzione, in misura diversa a seconda dei casi, dei lobi frontali inferiori (corteccia orbito-frontale), di strutture limbiche più profonde, delle cortecce motrici supplementari e dei giri del cingolo.

#### *1.4.3 Infarto nel territorio dell'arteria cerebrale posteriore*

Gli infarti che interessano il territorio dell'arteria cerebrale posteriore provocano emianopsia controlaterale omonima per distruzione della corteccia calcarina. La visione maculare (centrale) tende ad essere risparmiata in quanto il polo occipitale, a livello del quale è rappresentata la visione maculare, riceve la propria irrorazione sanguigna dall'arteria cerebrale media. Se la lesione è a destra ed è interessata anche la parte posteriore del corpo calloso, vi può essere incapacità di leggere (alessia) senza afasia e agRAFia. Questa condizione viene attribuita all'interruzione delle connessioni della corteccia

occipitale destra, che continua a ricevere informazioni visive, con l'emisfero sinistro, che è dominante per il linguaggio.

Se l'infarto è bilaterale (per es., per trombosi della zona di origine delle due arterie cerebrali posteriori dall'arteria basilare), può insorgere cecità corticale accompagnata dall'incapacità del paziente di riconoscere il proprio disturbo visivo (sindrome di Anton) o possono manifestarsi disturbi della memoria per lesione bilaterale dei lobi temporali infero-mediali.

Se l'occlusione dell'arteria cerebrale posteriore è prossimale, la lesione può colpire, o interessare particolarmente, le seguenti strutture: il talamo, provocando deficit sensitivi a carico dell'emisoma controlaterale e, a volte, dolore spontaneo e disestesia (sindrome del dolore talamico); il nucleo subtalamico, provocando l'insorgenza di una forma grave di corea prossimale dal lato contralaterale (emiballismo); o perfino il mesencefalo, nel qual caso si hanno paralisi dell'oculomotore ipsilaterale ed emiparesi o atassia controlaterali per interessamento del tratto corticospinale o del peduncolo cerebellare superiore (tratto dentato-talamico) dopo la sua decussazione.

#### *1.4.4 Occlusione dell'arteria coroidea anteriore e delle arterie perforanti*

L'occlusione dell'arteria coroidea anteriore può provocare emiplegia e deficit sensitivi controlaterali per interessamento del braccio posteriore della capsula interna e emianopsia omonima per lesione del corpo genicolato laterale del talamo.

La parte più profonda della sostanza bianca e il diencefalo vengono irrorati da piccole arterie perforanti, denominate indifferentemente lenticolo-striate, talamo-genicolate o talamo-perforanti, che derivano dal circolo di Willis o dai tronchi prossimali delle arterie cerebrali media, anteriore e posteriore. Queste arterie terminali sono prive di anastomosi e, pertanto, l'occlusione di singoli vasi di questo tipo, che in genere si accompagna a lesioni delle pareti vasali dovute ad ipertensione, provoca piccoli (con un diametro inferiore a 1,5 cm) infarti (lacune), che, se sono localizzati in sedi particolari, determinano l'insorgenza di sindromi caratteristiche. Per esempio, le lacune che interessano l'area del tratto piramidale a livello della capsula interna provocano emiparesi pura, con paresi di egual gravità a carico degli arti superiore ed inferiore, ma con deficit sensitivi assenti o di modesta entità e senza difetti del campo visivo, afasia o alterazioni della percezione spaziale. Le lacune che colpiscono il nucleo ventrale posteriore del talamo provocano deficit sensitivi puri a carico di un emisoma, con interessamento delle modalità dolorifica, termica, propriocettiva e discriminativa e con modesti deficit motori, visivi, del linguaggio e della percezione

spaziale. La maggior parte delle lacune colpiscono aree funzionalmente ridondanti (per es., la corona radiata nella sua parte non piramidale) e sono quindi asintomatiche. Se sono bilaterali e numerose, tuttavia, possono provocare una sindrome caratteristica (*état lacunaire*), che si manifesta con demenza ad andamento progressivo, andatura strascicata e paralisi pseudo bulbare (disartria e disfagia di tipo spastico, con paralisi della lingua e della faringe e riflessi palatali e faringei iperattivi; a questi sintomi si associa labilità emotiva, con crisi improvvise di pianto o di riso che esplodono per cause emotive inadeguate).

Gli infarti che interessano solamente le strutture irrorate dall'arteria ricorrenze di Heubner o da altri rami perforanti profondi dell'arteria cerebrale anteriore (la parte anteriore del nucleo caudato o, meno frequentemente, la parte anteriore del putamen ed il braccio anteriore della capsula interna) provocano la comparsa di diverse combinazioni di rallentamento psicomotorio, disartria, agitazione, negligenza controlaterale e, quando viene colpito l'emisfero sinistro, disturbi del linguaggio.

#### *1.4.5 Occlusione dell'arteria carotide*

L'arteria carotide interna viene colpita da processi trombotici di origine aterosclerotica più spesso dei vasi intracranici. Quindi, l'infarto può interessare, specialmente nei soggetti con circolo di Willis incompleto, sia il territorio dell'arteria cerebrale media che quello dell'arteria cerebrale anteriore e provoca paresi e deficit sensitivi, di egual gravità, a carico dell'arto superiore e di quello inferiore. Di converso, l'infarto può interessare solo il territorio distale irrorato in comune da questi vasi (zone di confine di questi vasi) e provoca paresi solo a carico del braccio e della gamba per distruzione della corteccia motrice a livello della parte superiore della convessità cerebrale.

Un'altra causa che provoca paresi e deficit sensitivi a carico dell'arto inferiore, associati ad una sindrome da lesione della convessità dell'emisfero, è l'occlusione dell'arteria cerebrale media a livello del suo tronco prossimale. Oltre alla corteccia della convessità dell'emisfero, risultano colpite pertanto la capsula interna ed altre strutture diencefaliche irrorate dai rami lenticolo-striati dell'arteria cerebrale media.



## 1.5 Recupero post-lesionale <sup>5</sup>

Dopo una lesione il cervello risponde in qualche modo all'insulto?

Le idee a tal proposito sono cambiate radicalmente nel corso degli anni. Ramon Y Cayal (1928) sosteneva che: “Nel sistema nervoso centrale dell'adulto le vie nervose sono in qualche modo fisse ed immutabili; tutte possono morire, ma nessuna può rigenerarsi”. Oggi si pensa che il sistema nervoso sia dotato di potenzialità adattative che fanno di esso una struttura dinamica e modificabile. Le sinapsi sono in continuo rimodellamento anche in condizioni normali ed anche in soggetti di età avanzata.

Si parla quindi di plasticità neuronale o neuro plasticità e si intende quella capacità delle cellule nervose di adeguare le proprie attività modificando opportunamente, quando necessario, struttura e funzione e, in senso lato, la capacità di adattamento dei sistemi di controllo dei vari parametri fondamentali della funzione cerebrale.

Distinguiamo una plasticità a breve termine, data da meccanismi biochimici e biofisici finalizzati a garantire la sopravvivenza cellulare (pochi giorni), da una a lungo termine caratterizzata da modificazioni finalizzate a permettere il recupero funzionale delle strutture lese (mesi).

Tra i possibili meccanismi di plasticità a lungo termine troviamo:

1. Rigenerazione di assoni danneggiati e successiva riconnessione delle strutture. Una vera rigenerazione attraverso la lesione o attorno ad essa non è mai stata sicuramente dimostrata nel SNC dei mammiferi adulti.
2. Sprouting e reinnervazione collaterale. Neuroni integri situati in prossimità di cellule degenerate possono emettere prolungamenti nervosi che muovendosi verso il tessuto denervato vanno ad occupare le aree sinaptiche vacanti, ripristinando gradatamente l'attività del circuito.
3. Smascheramento di sinapsi latenti. Assoni e sinapsi che sono normalmente presenti ma non utilizzati e che possono essere attivati laddove viene meno il sistema dominante.

Dopo un ictus, per favorire il migliore recupero possibile, cosa è bene fare?

E' stato dimostrato nell'animale e nell'uomo che il recupero della funzione è influenzato sensibilmente dall'ambiente. Un esperimento pionieristico (Schwartz, 1964) dimostrò che i punteggi nel test del labirinto erano sensibilmente migliori se nei tre mesi successivi ad una lesione della corteccia occipitale l'animale (ratto) veniva mantenuto in un ambiente

---

<sup>5</sup> Roberto Piperno. Medicina Fisica in Riabilitazione Neurologica 2011-2012.

arricchito. Altschuler (1976) riferisce che 80 giorni di un programma combinato di arricchimento ambientale e di esercizio porta al raddoppio della densità sinaptica nel ratto.

Il recupero ottimale si ottiene fornendo all'individuo stimolazioni complesse ed opportunità di esperienze, cioè attivando i processi neurali coinvolti nell'apprendimento e nell'immagazzinamento della memoria. Nell'ambiente arricchito hanno significato sia i fattori sociali sia gli oggetti di stimolo: il trattamento con stimoli combinati si mostra più efficace rispetto a quello sociale da solo. anche i cervelli danneggiati, quindi, traggono beneficio dall'esperienza, e la loro piena capacità non può essere determinata senza l'esercizio e/o l'esperienza arricchita.

L'approssimazione migliore che possiamo immaginare è che il recupero post-lesionale sia il risultato del combinarsi di fattori biologici e fattori ambientali.

## Capitolo 2

### La motor imagery

La disabilità motoria è una conseguenza frequente ed invalidante nei pazienti post-ictus e il ruolo fondamentale della riabilitazione è la riacquisizione del controllo motorio.<sup>6</sup>

Il recupero funzionale è strettamente legato a fenomeni di riorganizzazione cerebrale e plasticità neuronale. L'efficienza e la velocità del recupero motorio dipendono anche dalla disponibilità di informazioni sensoriali di natura propriocettiva, tattile, vestibolare, visiva e uditiva. Molti Autori ritengono che anche l'immaginazione possa giocare un ruolo nel processo di riapprendimento.

Come vedremo più avanti, l'idea che, immaginando un gesto motorio, sia possibile attivare sostanzialmente le medesime aree cerebrali che vengono attivate durante l'esecuzione fisica dello stesso, a livello riabilitativo, è una conquista non indifferente.

Prima di prendere in considerazione questa idea, analizziamo brevemente i tradizionali approcci riabilitativi utilizzati in ambito neurologico.

#### 2.1 Approcci riabilitativi tradizionali<sup>5</sup>

Gli approcci riabilitativi più utilizzati in seguito a stroke sono quattro:

1. Rieducazione muscolare: negli anni 40 (Sister Kenny) e negli anni 50 (Knapp); si definiscono metodi di rieducazione per poliomielitici che prevedevano la ripetizione di movimenti corretti un numero altissimo di volte (fino a 3 milioni).  
Il principio era quello di sviluppare engrammi motori (gli engrammi motori corrispondono ai programmi motori del modello gerarchico di controllo del movimento. La tecnica prevedeva un controllo iniziale di singoli muscoli a livello cognitivo, evitando coattivazioni ed irradiazioni, seguito da coordinazioni multimuscolari: il compito motorio era iniziato con l'esecuzione di una sola parte dello stesso, fino all'esecuzione dell'azione nel complesso) che rappresentano una via di legami interneuronali. Questi legami implicano l'attivazione di certi neuroni e muscoli per eseguire un pattern di attività motoria in una specifica sequenza di velocità, forza e movimento.
2. Approcci secondo il neurosviluppo (Rood (1954), Brunnstrom (1970), Bobath (1978), Kabat (1953)).

---

<sup>6</sup>S. Filoni, V. Simone, A. Russo, M. P. lo Muzio, G. Cassatella, A. Minerva, L. de Palma, A. Santamato, P. Fiore; Utilizzo della motor imagery e della motor observation nella riabilitazione post-ictus.

Sono tutti metodi influenzati dal modello riflesso e dal modello gerarchico del controllo motorio, così come dalle teorie neuromaturazionali e dell'apprendimento motorio.

Gli assunti comuni dai quali hanno preso inizio sono individuabili in:

- a) Il SNC è organizzato gerarchicamente con centri superiori che controllano i centri inferiori;
  - b) Il danno del SNC “libera” riflessi anormali o patterns di movimento di livello inferiore (primitivo) nonché un tono muscolare anormale;
  - c) Gli stimoli sensoriali periferici possono essere usati per inibire riflessi anormali e spasticità e per facilitare quindi patterns di movimento più normali;
  - d) La ripetizione del movimento evocata da stimoli sensoriali causa modificazioni positive e permanenti nel SNC;
  - e) Il recupero del danno del SNC segue una sequenza predicibile ed a tappe, che progredisce in direzione cefalo-caudale, prossimo-distale ed ulno-radiale.
3. Apprendimento di programmi motori (Carr e Shepard, Perfetti). Sono metodi influenzati dalla teoria dell'apprendimento motorio, che respingono il modello riflesso del controllo motorio, le teorie del neurosviluppo e le precedenti teorie dell'apprendimento motorio. Queste metodiche sono influenzate dal modello gerarchico del controllo motorio ed enfatizzano l'apprendimento di programmi motori ed il ruolo della cognizione nel trattamento.
4. Metodi orientati al compito (task). Essi emergono dal modello sistemico del controllo motorio e sono ancora appena abbozzati. Si ritiene che il paziente tenti di compensare il danno per mantenere la performance funzionale. Il recupero è quindi un processo di scoperta di ciò che rimane per assolvere al compito costruendo nuove strutture coordinative (apprese e non “liberate”). Poiché ogni situazione e contesto sono unici, la sequenza del recupero varierà da caso a caso.

La riabilitazione tradizionale necessita, per forza di cose, della costante presenza di una figura specializzata in tale compito (**il fisioterapista**).

Per quanto intensivo possa essere il trattamento, nella maggior parte dei casi difficilmente si riusciranno a superare le tre/quattro ore di attività terapeutica al giorno. Se fosse

possibile affiancare a questa attività compiti specifici dati alla persona assistita, che possano essere svolti in autonomia senza richiedere sforzi fisici e rischi per la sua salute e che, al contempo, possano giovare al recupero delle sue capacità funzionali e facilitare la proattività del paziente (che in genere tende ad essere piuttosto passivo) e possibilmente la sua motivazione, si potrebbero ottenere enormi vantaggi.

Ecco che torna in gioco l'immaginazione, in particolar modo l'immaginazione motoria.

È possibile sfruttare questo processo di immaginazione motoria, o motor imagery, estremamente basilare e, al tempo stesso, estremamente complesso, per andare a migliorare e favorire il recupero delle abilità motorie dopo un ictus?

Oramai da oltre 20 anni si ricerca una risposta a questo quesito e un grande numero di studi sono stati portati avanti per valutare l'efficacia di questo approccio innovativo.

Di seguito andrò a definire e a esporre i principi alla base della motor imagery e riporterò le evidenze scientifiche che ne valutano l'efficacia.

## **2.2 La motor imagery:**

### *2.2.1 Definizione e prime applicazioni*

L'immagine motoria può essere definita come uno stato dinamico durante il quale il soggetto simula mentalmente una data azione. Questo tipo di esperienza implica che il soggetto senta se stesso compiere l'azione (Decety 1996).

La motor imagery è stata inizialmente sviluppata per migliorare le performance degli atleti.<sup>7</sup> Da letteratura sportiva è ben noto che l'immaginazione mentale, quando applicata assieme all'allenamento funzionale, sia più efficace della motor imagery o dell'allenamento presi singolarmente (la motor imagery da sola produce minori miglioramenti rispetto all'allenamento funzionale) e che la motor imagery da sola abbia maggiori risultati rispetto al non fare nulla.

---

<sup>7</sup>Andrea Zimmermann-Schlatter, Corina Schuster, MiloAPuhan, Ewa Siekierka and Johann Steurer; Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review; Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2008, Vol 5.

Durante la pratica mentale si assiste a modifiche nelle funzioni vegetative, attività muscolare e forza muscolare, cambiamenti comparabili a quanto avviene durante l'attività fisica.<sup>8</sup>

È largamente riconosciuto che la durata delle azioni simulate mentalmente usualmente sia correlata alla durata del movimento reale, che la simulazione dei movimenti evochi risposte autonome simili a quelle date dall'attività fisica e che l'immaginazione di un'azione o la sua esecuzione fisica reclutino reti neurali sovrapponibili.<sup>9</sup>

A livello sportivo questa metodica viene utilizzata per praticare abilità motorie e migliorarne l'acquisizione o per facilitare la performance di un'abilità acquisita o a fini motivazionali per ridurre l'ansia.

La motor imagery è utilizzata anche da sola, senza concomitante pratica fisica. Per esempio, prima di una competizione è utilizzata per rinfrescare la memoria cinestesica del gesto sportivo, in particolare per gesti complicati (ginnastica artistica), o parti di routines che sono molto impegnative fisicamente, o tra sessioni di allenamento per mantenere il livello della performance. La motor imagery è utilizzata inoltre per la preparazione della performance, per migliorare la motivazione e l'attivazione fisica.

Gli atleti sembrano utilizzare la motor imagery più in relazione alle competizioni che agli allenamenti, forse per la sua importante funzione motivazionale.

### *2.2.2 Come funziona*

Come abbiamo già detto, lo stroke è la causa principale di disabilità tra gli adulti.<sup>10</sup> Il recupero può essere migliorato tramite intensa attività riabilitativa, che mira alla riorganizzazione della funzione delle reti neurali danneggiate per minimizzare i deficit motori e sviluppare nuove strategie nell'apprendimento motorio. La riabilitazione mira a promuovere la plasticità adattativa delle strutture e della funzione nel cervello non danneggiato, puntando al recupero guidato dall'allenamento motorio.

---

<sup>8</sup>Dawn M. Nilsen, Glen Gillen, Andrew M. Gordon; Use of Mental Practice to Improve Upper-Limb Recovery After Stroke: A Systematic Review; American Journal of Occupational Therapy 2010, Vol 64, 695–708.

<sup>9</sup>Francine Malouin, Philip L. Jackson and Carol L. Richards; Towards the integration of mental practice in rehabilitation programs. A critical review; Frontiers in Human Neuroscience 2013; Vol 7.

<sup>10</sup>Kathleen A. Garrison, MSc, Carolee J. Winstein, PhD, and Lisa Aziz-Zadeh, PhD; The Mirror Neuron System: A Neural Substrate for Methods in Stroke Rehabilitation; Neurorehabilitation and Neural Repair, 2010, Vol 24(5), 404-412.

In persone con scarse abilità motorie, tuttavia, partecipare alla fisioterapia tradizionale può essere difficoltoso a causa delle limitazioni, e può essere difficile fornire stimoli rilevanti per favorire la plasticità neuronale (dipendente dalle esperienze fatte), la neuroriabilitazione e il recupero.

Un modo per superare questi limiti viene suggerito dal sistema dei neuroni specchio, una rete neurale che si attiva, sia quando svolgiamo attività fisiche, sia quando osserviamo queste attività svolte da altre persone, sia quando immaginiamo di svolgerle.

La prima evidenza dell'esistenza di un circuito Mirror risale agli studi condotti con EEG nel 1950 da Gastaut e a quelli condotti nel 1982 da Hyvarinen sul lobo parietale posteriore; ma certamente la scoperta vera e propria dei neuroni mirror si deve a Rizzolatti e coll. nel 1996<sup>6</sup>.

I neuroni mirror sono una particolare classe di neuroni visuo-motori, originariamente scoperti nell'area F5 della corteccia premotoria del macaco, che si attivano sia quando la scimmia compie una determinata azione, sia quando osserva un altro individuo (scimmia o uomo) compiere un simile movimento. Tali neuroni sono presenti anche nell'uomo nella corteccia pre-frontale, nella corteccia pre-motoria, nell'area motoria supplementare, nella corteccia del cingolo, nella corteccia parietale e nel cervelletto.

La scoperta dei neuroni mirror dimostra che il sistema motorio può essere attivato sia in una condizione "on line", durante l'esecuzione del gesto, sia in una condizione "off line", durante l'osservazione o l'immaginazione di un atto che rientri nel repertorio motorio del soggetto che osserva.

Il sistema dei neuroni specchio può servire come mezzo alternativo per accedere al sistema motorio dopo un ictus, nonostante gli impedimenti, per ricostruire funzioni motorie volontarie<sup>7</sup>.

L'attività neurale associata alla motor imagery include aree quali: la corteccia parietale, la corteccia somatosensoriale, aree motorie frontali, la corteccia prefrontale dorso-laterale, il giro temporale superiore, la corteccia cingolata anteriore, i gangli della base, e il cervelletto. Queste aree consentono l'accesso al sistema motorio, che è parzialmente sovrapponibile quando si osserva, si immagina e si esegue un'azione e che include il sistema dei neuroni specchio.

Il flusso del segnale in un sistema di controllo motorio può essere suddiviso in quattro parti: <sup>11</sup>

1. un segnale motorio è generato nella corteccia motoria;
2. il comando motorio viaggia attraverso il midollo spinale;
3. il comando motorio attiva specifici muscoli;
4. feedback sensoriali consci e inconsci sono trasmessi al cervello dopo la contrazione muscolare terminando nella corteccia somatosensoriale.

Nella fase di progettazione del controllo motorio le informazioni riguardanti il potenziale movimento sono acquisite, ma esplicite specifiche dei parametri motori sono escluse.

Il comando motorio è preceduto da una fase di preparazione e l'organismo attende un segnale d'inizio prima che il movimento sia permesso.

La motor imagery corrisponde all'attivazione delle rappresentazioni neurali del potenziale movimento ed è considerata funzionalmente equivalente alle fasi di progettazione e preparazione del controllo motorio, senza la fase di esecuzione. Questo suggerisce che l'immaginazione motoria e l'esecuzione motoria siano generate attraverso analoghi passaggi computazionali, e coinvolgano simili strutture cerebrali (dopotutto, perché avere un circuito completamente differente per simulare movimenti quando ne abbiamo uno ottimo per eseguirli?).

Generalmente, le porzioni della corteccia cerebrale considerate coinvolte nel controllo motorio includono la corteccia motoria primaria, l'area motoria supplementare e la corteccia premotoria. Queste aree corticali sono connesse al cervelletto e ai nuclei della base, e danno vita a un esteso circuito di feedback. Questo loop consente la coordinazione, la modulazione corticale e il controllo a feedback che è stato considerato la funzione primaria del cervelletto.

Andando ad analizzare un po' più nel dettaglio le aree cerebrali coinvolte in questo processo, troviamo un interessamento di: <sup>12</sup>

- lobo frontale: giro frontale inferiore, giro precentrale, giro frontale medio, area motoria supplementare, regione dell'insula anteriore.
- lobo parietale: lobo parietale superiore, giro sopramarginale, lobo parietale inferiore.

---

<sup>11</sup>Yanna Tong, John T. Pandy Jr., William A. Li, Huishan Du, Tong Zhang, Xiaokun Geng, Yuchuan Ding; Motor Imagery-Based Rehabilitation: Potential Neural Correlates and Clinical Application for Functional Recovery of Motor Deficits after Stroke; Aging and Disease 2017, Vol 8, 364-371.

<sup>12</sup>Sébastien Héту, Mathieu Grégoire, Arnaud Saimpont, Michel-Pierre Coll, Pierre-Emmanuel Michon, Philip L. Jackson, Fanny Eugène; The neural network of motor imagery: An ALE meta-analysis; Neuroscience and Biobehavioral Reviews 2013, Vol 37; 930-949.



- regioni sottocorticali: putamen, talamo e globus pallidus.
- cervelletto: verme.

La corteccia premotoria, situata nel lobo frontale, è di fondamentale importanza per la pianificazione, la preparazione e l'esecuzione di atti motori. Movimenti immaginati ed eseguiti spesso richiedono un simile quantitativo di tempo per essere portati a termine. Questo sembrerebbe indicare che siano prodotti attraverso step computazionali analoghi nel cervello, con conseguente implicazione che anche immaginare i movimenti includa una fase di pianificazione/preparazione prima di essere simulato.

Anche l'area motoria supplementare, sempre situata nel lobo frontale, è attivata durante la motor imagery. Essa sembra avere un ruolo chiave nell'associazione di azioni che richiedono sequenze di movimenti. Da alcuni studi sembrerebbe che sia coinvolta anche nell'inibizione dell'area motoria primaria durante la motor imagery, prevenendo l'esecuzione motoria.

Per quanto riguarda l'area motoria primaria, recenti studi ritengono che sia attivata durante i compiti di immaginazione motoria (durante l'azione si avrebbe un maggior reclutamento delle regioni motorie centrali e del cervelletto. Sembrerebbe esserci una riduzione di attività del 30-50% durante la motor imagery a livello di corteccia motoria primaria e corteccia somatosensoriale <sup>13</sup>) anche se il ruolo diretto di questa area nella facilitazione della contrazione muscolare è meno chiaro.

Il lobo parietale è un importante fulcro di integrazione sensoriale (basti pensare che è la sede dell'area somestesica primaria) e le sue differenti sottoregioni proiettano a varie aree cerebrali, incluse la corteccia premotoria e motoria, che giocano importanti ruoli durante l'esecuzione motoria. La corteccia parietale riveste un ruolo fondamentale nel guidare visivamente compiti motori, ma non solo. Infatti sembra essere importante anche nell'aggiornare e mantenere la rappresentazione posturale dell'arto superiore quando non siano presenti input visivi. In più è stata anche collegata ai processi di attenzione motoria.

I nuclei della base hanno l'importante funzione di selezionare i programmi motori durante l'esecuzione motoria.

È stato dimostrato che il cervelletto ha anche un effetto inibitorio sulla motor imagery, prevenendo che impulsi efferenti indotti dall'immaginazione motoria raggiungano il midollo spinale e il sistema muscolo-scheletrico. È stato dimostrato che le lesioni

---

<sup>13</sup>Franck Di Rienzo, Christian Collet, Nady Hoyek, Aymeric Guillot; Impact of Neurologic Deficits on Motor Imagery: A Systematic Review of Clinical Evaluations; Neuropsychology Review 2014.

cerebellari riducono l'eccitabilità della corteccia motoria, con conseguente diminuzione dell'abilità nella creazione dell'immagine motoria.

### *2.2.3 Aree cerebrali connesse alla formazione dell'immagine motoria*

Precedentemente abbiamo approfondito quali aree siano attivate durante la motor imagery, se riuscissimo a capire quali disordini neurologici e quali lesioni vadano a inficiare/rendere impossibile l'utilizzo della motor imagery, sarebbe possibile creare una terapia riabilitativa adatta ("cucita attorno") al singolo individuo.<sup>14</sup>

Il lobo parietale è fondamentale per coordinare le aree premotorie con la corrente dorsale in modo tale che i movimenti voluti vengano portati a termine appropriatamente e per guidare l'attività motoria in relazione alle informazioni spaziali provenienti dall'ambiente. È anche importante per aiutare a inibire la corteccia motoria primaria durante la motor imagery (è stato descritto da Schwoebel un paziente con danno al lobo parietale in cui, durante l'immaginazione del gesto motorio, vi era inconsciamente la produzione del movimento del compito immaginato).

Il lobo frontale (in particolare aree prefrontali e premotorie) gioca un importante ruolo durante la motor imagery. La regione prefrontale è coinvolta nel generare l'attenzione durante compiti di immaginazione motoria e la corteccia premotoria è coinvolta nel generare il piano motorio.

Danni al lobo parietale o ai gangli della base compromettono la creazione dell'immagine motoria, impossibilitandone la formazione, danni al lobo frontale ne rendono difficile la costruzione.

Danni al cervelletto non sembrano provocare problemi allo svolgimento della motor imagery, probabilmente perché si ha la massima attivazione del cervelletto durante l'iniziale apprendimento di un compito motorio e un'attivazione molto minore durante compiti già appresi (ma non vi è totale accordo sul ruolo del cervelletto nella formazione dell'immagine motoria).

È da tenere presente che altri fattori concorrono alla capacità di sviluppare un'immagine motoria, quali: età, precedenti esperienze con la motor imagery, la guida del clinico, la memoria di lavoro (working memory).

---

<sup>14</sup>Kerry McInnes, Christopher Friesen, Shaun Boe; Specific Brain Lesions Impair Explicit Motor Imagery Ability: A Systematic Review of the Evidence; Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2016;Vol 97:478-489.

#### *2.2.4 Come viene tipicamente strutturato un intervento riabilitativo che includa la motor imagery*

Tra i vari studi è stata riscontrata una grandissima eterogeneità in fatto di proposte di trattamento.

Ecco le caratteristiche fondamentali dei protocolli proposti:

- motor imagery affiancata al trattamento riabilitativo tradizionale nella stessa seduta oppure eseguita in tempi differenti;<sup>15</sup>
- frequenza d'intervento (dalle 2 alle 5 volte a settimana);
- tempistiche (dai 20 ai 60 minuti);
- durata (dalle 2 alle 10 settimane);
- differenti tipi di motor imagery utilizzati (visiva/cinestesica (quella visiva consta nell'immaginare un soggetto mentre esegue una data azione (prospettiva in terza persona), in quella cinestesica il soggetto immagina di eseguire l'azione (prospettiva in prima persona));
- motor imagery con registrazione audio dei comandi o con terapeuta, in prima persona, che richiede direttamente al paziente, in un intervento di tipo uno a uno, di immaginare dati gesti motori<sup>9</sup>;
- tipi di compiti eseguiti (movimenti semplici (es. flettere/estendere un gomito) o complessi (es. deambulare));
- pazienti in che fase della riabilitazione? (dopo 6 mesi difficilmente il miglioramento motorio sarà associato a un recupero neurologico spontaneo);
- rilassamento a inizio trattamento (la fase di rilassamento che precede l'immaginazione mentale del compito motorio viene implementata in molti protocolli ma non tutti la considerano una pratica valida. Secondo alcuni autori potrebbe limitare la motor imagery, andando anche ad aumentare i tempi richiesti per immaginare il gesto motorio).

La maggior parte degli studi prevede una registrazione che, tipicamente, consiste di 3-5 minuti di rilassamento, in cui alla persona è richiesto di immaginarsi in un luogo caldo e rilassante (una spiaggia, una vasca da bagno) e di contrarre e rilassare i muscoli. Seguono 15-20 minuti in cui vengono dati suggerimenti per figurarsi immagini interne correlate

---

<sup>15</sup>Susy Braun, Melanie Kleynen, Tessa van Heel, Nena Kruithof, Derick Wade and Anna Beurskens; The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis; Frontiers in Human Neuroscience 2013; Vol 7.

all'uso dell'arto affetto in uno o più compiti funzionali. La registrazione si conclude con 3-5 minuti di concentrazione su ciò che è stato precedentemente fatto.

L'uso di registrazioni consentirebbe di garantire un'accurata e standardizzata rappresentazione dell'azione da immaginare. L'aggiunta di un periodo di rilassamento prima della motor imagery dovrebbe migliorare la concentrazione, promuovere una più vivida immagine motoria e migliorare l'attenzione e la performance.

Recentemente sono stati fatti tentativi di integrare la motor imagery con programmi riabilitativi classici senza aumentare il tempo totale della terapia. Affiancando nella stessa seduta riabilitativa pratica mentale e fisica si è cercato di ridurre il numero di ripetizioni fisiche da svolgere: due studi hanno indagato questo aspetto nell'attività fisica. Nel primo studio soggetti che simulano mentalmente una sequenza di movimento dei piedi per 5 giorni, è dimostrato, hanno un significativo miglioramento della performance dopo 1500 ripetizioni mentali. Nel secondo studio, per imparare una sequenza complessa di movimenti delle dita, due gruppi (uno immaginando il gesto motorio, l'altro svolgendolo fisicamente) si sono allenati per 2 ore al giorno per 5 giorni. Il gruppo di immaginazione motoria ha avuto risultati inferiori rispetto al gruppo che ha svolto la pratica fisica tuttavia, dopo 2 ore di pratica fisica, il gruppo della pratica mentale ha raggiunto lo stesso livello di performance dei soggetti con 10 ore di pratica fisica. Quindi, per quanto l'apprendimento di un'abilità motoria richieda centinaia di ripetizioni, il numero di ripetizioni fisiche per raggiungere simili risultati può essere inferiore se i soggetti simulano mentalmente prima della pratica fisica; per quanto riguarda la riabilitazione post-stroke, in uno studio si è visto che, combinando motor imagery con pratica fisica, anziché dover fare 500-600 ripetizioni fisiche per migliorare la performance motoria del compito motorio sit-to-stand, bastano 100 ripetizioni fisiche combinate a 1100 ripetizioni mentali, mantenendo un rapporto di circa 10:1 tra pratica mentale e fisica, per ottenere lo stesso livello di performance.

Le informazioni visive e cinestesiche acquisite durante ogni ripetizione fisica rinfrescano la memoria del movimento del compito motorio e assistono nell'accuratezza e vividezza dell'immagine mentale e delle sensazioni provocate dal movimento.

È stato anche trovato che il tempo del compito motorio simulato mentalmente migliora quando le ripetizioni mentali sono alternate con ripetizioni fisiche, suggerendo che le informazioni afferenti siano utili alla riproduzione del successivo movimento immaginato.

Da quanto detto sembrerebbe che, piuttosto che la durata delle sessioni riabilitative, il fattore chiave per l'apprendimento di nuove abilità motorie sia il numero totale di ripetizioni.

### *2.2.5 Intensità del trattamento di motor imagery:*

Una frequente domanda riguardante l'immaginazione motoria nella riabilitazione neurologica è quanta pratica (fisica o mentale) sia necessaria per promuovere l'apprendimento.

Nella motor imagery incrementare la durata del trattamento non porta a miglioramenti. Non è una sorpresa visto che i dati raccolti da atleti suggeriscono come durata ottimale 20 minuti e che sessioni più lunghe potrebbero ridurre la motivazione e incrementare effetti negativi quali la noia (il fatto che periodi più lunghi di pratica mentale, per esempio 40 e 60 minuti per sessione, non abbiano portato a miglioramenti significativi, sottolinea l'importanza dell'affaticamento mentale e della stanchezza/noia che può insorgere nei pazienti. Di conseguenza è molto importante il controllo della compliance dei pazienti durante la motor imagery).

Le integrazioni tra pratica motoria e fisica non sono le stesse tra arti superiori e compiti locomotori. Per gli arti superiori è necessaria più pratica, forse perché essi sono più associati a movimenti controllati mentre il controllo locomotorio è ritmico e automatico (è interessante anche notare che la motor imagery degli arti superiori e inferiori sembra basarsi su reti neurali differenti: mentre immaginare movimenti degli arti superiori sembra interessare maggiormente la corteccia premotoria, la motor imagery degli arti inferiori coinvolge principalmente l'area motoria supplementare, il cervelletto, il putamen e la regione parietale<sup>12</sup>).

Ci sono poche informazioni per giustificare una raccomandazione per un numero ottimale di ripetizioni che procurino guadagni clinicamente significativi. Si può tuttavia supporre che il numero sia simile a quello trovato per le persone sane (circa 1500 ripetizioni mentali per imparare un nuovo compito) o per quelle colpite da stroke (1100 ripetizioni mentali e 100 ripetizioni fisiche con rapporto di circa 10:1 tra pratica mentale e fisica).

### *2.2.6 Fase della riabilitazione*

Da quanto detto si può ipotizzare che, se la motor imagery viene utilizzata nella fase precoce della riabilitazione, quando la pratica fisica risulta impossibile, nel momento in cui questa torni ad essere attuabile sarà richiesto un inferiore lavoro fisico per raggiungere un dato livello di performance motoria. Se la pratica fisica è possibile, combinare l'immaginazione del gesto motorio con la sua attuazione porterà alla riduzione del numero di ripetizioni da svolgere fisicamente per raggiungere una data performance motoria.

Mentre in teoria più ci si esercita e meglio è, un'eccessiva pratica fisica può portare a fatica muscolare e un'eccessiva pratica mentale può contribuire a fatica mentale. Questo sottolinea l'importanza di monitorare sia la fatica fisica che mentale nella riabilitazione.

## **Capitolo 3**

### **Materiale e metodi**

In questo capitolo si esaminerà il procedimento che ha portato alla selezione del materiale scientifico utilizzato per esplorare l'argomento preso in esame: l'efficacia della motor imagery nella riabilitazione delle persone colpite da ictus.

#### **3.1 Criteri di eleggibilità degli studi**

Il primo quesito di ricerca posto è stato estremamente ampio, cosicché fosse possibile reperire una grande quantità di studi in merito all'argomento, in questo caso l'efficacia e i campi di applicazione della motor imagery. Da questo quesito, il campo di ricerca è stato ristretto alla sola patologia dell'ictus (si è comunque mantenuto un campo di ricerca molto ampio, senza andare a specificare particolari outcomes, quali efficacia della motor imagery nella riabilitazione dell'arto superiore/inferiore, o caratteristiche delle persone interessate, quali età, sesso, tempo trascorso dall'ictus), in particolare all'applicazione della motor imagery nei protocolli riabilitativi dopo stroke, includendo studi riguardanti le aree attivate durante l'immaginazione mentale di un'azione e le problematiche che determinate lesioni ad aree cerebrali possono portare alla corretta formazione dell'immagine motoria .

Avendo come scopo della tesi la ricerca dell'efficacia della motor imagery dopo evento ictale, più che basare l'indagine su Trials clinici Randomizzati Controllati (RCT), studi primari che cercano di rispondere a quesiti clinici specifici, mi sono concentrato su revisioni sistematiche e meta-analisi, studi secondari che riassumono lavori scientifici quali RCT e che forniscono conclusioni risultanti dall'analisi di differenti studi primari.

#### **3.2 Metodi di ricerca**

La ricerca di articoli pubblicati riguardanti l'efficacia della motor imagery nelle persone a seguito di ictus è stata svolta nel periodo maggio-luglio 2018.

Tre sono state le principali banche dati consultate:

- PubMed: è un motore di ricerca gratuito, basato principalmente sul database MEDLINE, di letteratura scientifica biomedica dal 1949 ad oggi. Comprende più di 24 milioni di citazioni di letteratura biomedica , riviste scientifiche e libri online. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>;

- PEDro, Physiotherapy Evidence, è una banca dati gratuita di oltre 41.000 studi randomizzati controllati, revisioni sistematiche e linee guida cliniche in fisioterapia. La qualità degli studi è valutata con un punteggio (PEDro scale) da 0 a 10.  
<https://www.pedro.org.au/italian/>;
- Cochrane CDSR, Database delle Revisioni Sistematiche Cochrane, è la principale risorsa sulle revisioni sistematiche in campo sanitario.  
<https://www.cochranelibrary.com/>.

Ulteriori indagini generiche sono state svolte sul motore di ricerca Google scholar (<https://scholar.google.it/>), strumento di Google per la ricerca di articoli di argomento scientifico.

### **3.3 Selezione degli studi**

Il primo quesito di ricerca in merito alla motor imagery è stato eseguito in data 29 maggio 2018 su PubMed. La ricerca di tipo semplice (ricerca eseguita: stringa: motor imagery; tipo di articoli: Clinical Study, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Reviews; date di pubblicazione: 5 anni) ha dato come risultato 173 articoli. Di questi 173 articoli, dopo aver letto gli abstract e aver eliminato quelli in lingua non inglese (4), sono stati selezionati solo gli articoli inerenti la riabilitazione post-stroke (38). Successivamente, in data 10 luglio 2018, ulteriori ricerche, più specifiche rispetto alla precedente, sono state fatte su PubMed (ricerca eseguita: ricerca avanzata; stringa: motor imagery[MeSH Terms] AND stroke[MeSH Terms]; tipo di articoli: meta-analysis e systematic reviews; date di pubblicazione: 5 anni) con 5 articoli risultanti. Nello stesso periodo è stata eseguita la medesima ricerca (stringa di ricerca: motor imagery stroke) su PEDro e su Cochrane CDSR con rispettivamente 51 e 2 articoli trovati. Di questi 96 articoli, sono stati eliminati tutti i duplicati (45), tutti gli articoli che avevano a che vedere con interfacce computerizzate (Brain-computer interface), perché mi interessava maggiormente valutare un approccio terapeutico eseguibile da qualunque persona in qualunque ambiente, senza necessità di attrezzature particolari (19), tutti gli articoli correlati alla graded motor imagery (4) e gli articoli legati a problematiche quali neglect e disfasia (4).

Dei 24 articoli rimanenti, 3 non è stato possibile ottenerli in full-text, nemmeno mediante servizio EZproxy unibo (servizio di accesso da remoto che permette agli studenti, ai docenti e ad altro personale dell'università di Bologna di accedere da casa, o da qualsiasi luogo al



di fuori della rete dell'ateneo, alle risorse elettroniche ad accesso riservato (banche dati, periodici e libri elettronici etc.); <https://login.ezproxy.unibo.it/menu>) e 8 sono stati esclusi perché ho voluto prendere in considerazione solo studi situati ai gradini più alti della piramide delle evidenze (come RCT, revisioni sistematiche e meta-analisi, non prendendo quindi in esame case series e case report). Dei risultanti 13 articoli, 7 erano revisioni sistematiche/meta-analisi e 6 RCT.

Andando a leggere gli articoli, ulteriori 6 revisioni sistematiche sono state individuate nella bibliografia, portando gli articoli da esaminare ad un totale di 13 revisioni sistematiche/meta-analisi e 6 RCT.

I 6 RCT erano già inclusi in una o più delle fonti secondarie individuate.

Tabella I: ricerca su PubMed

<b>stringa di ricerca:</b>	<b>Risultati al 29/05/2018:</b>
Motor imagery	Totale: 173 Filtri: <ul style="list-style-type: none"> <li>- date di pubblicazione: 5 anni</li> <li>- tipi di articolo: Clinical Study, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Reviews</li> </ul>

Tabella II: ricerca su PEDro

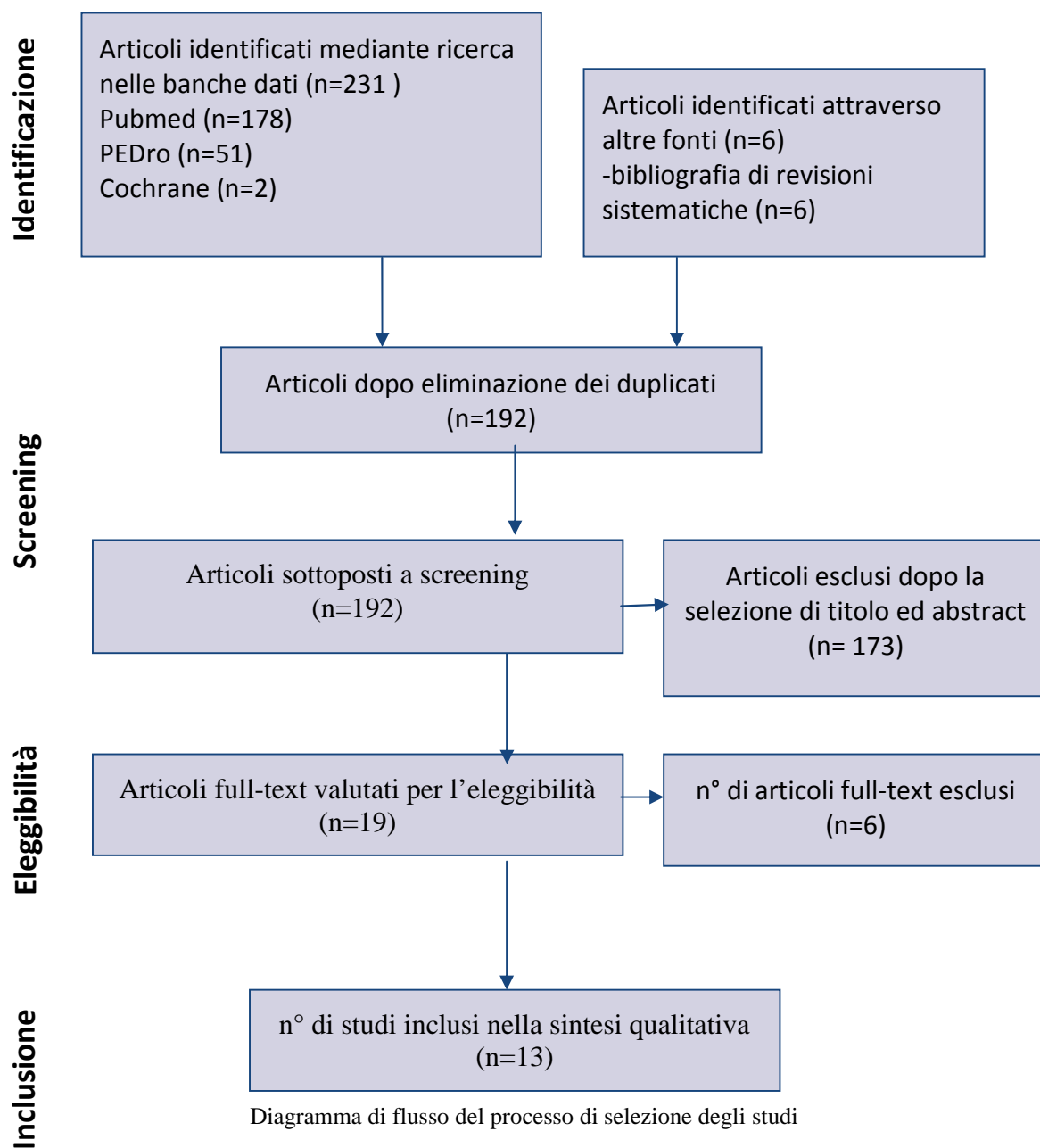
<b>stringa di ricerca:</b>	<b>Risultati al 29/05/2018:</b>
Motor imagery stroke	Totale: 51 Filtri: nessuno

Tabella III: ricerca su Cochrane CDSR

<b>stringa di ricerca:</b>	<b>Risultati al 29/05/2018:</b>
Motor imagery stroke	Totale: 2 Filtri: nessuno

Tabella IV: ricerca su PubMed

<b>stringa di ricerca:</b>	<b>Risultati al 10/07/2018:</b>
motor imagery[MeSH Terms] AND stroke[MeSH Terms]	Totale: 5 Filtri: <ul style="list-style-type: none"> <li>- date di pubblicazione: 5 anni</li> <li>- tipi di articolo: Meta-Analysis, Systematic Reviews</li> </ul>



### 3.4 Riflessione sulla qualità metodologica degli studi

Leggendo i vari articoli, sono emersi limiti comuni indicativamente a tutti gli studi. Le revisioni sistematiche, normalmente, riportano le problematiche insorte dall'analisi delle fonti primarie comprese.

I principali limiti riportati dalle revisioni sistematiche in merito agli studi analizzati sono i seguenti:

- non si è ancora arrivati a una definizione globalmente accettata di immaginazione motoria quindi, con il termine motor imagery, non si definisce una tecnica specifica. In letteratura, all'interno del concetto di immaginazione motoria, vi è grande eterogeneità di tecniche e trattamenti;
- vi è grande divergenza tra le caratteristiche delle persone sottoposte a intervento riabilitativo (età, sesso, lato dominante, lato colpito);
- spesso non viene specificato in che fase della riabilitazione la persona venga trattata con motor imagery (acuta/cronica) o si integrano gruppi di persone in momenti di recupero post-ictus differenti;
- differenti criteri di inclusione/esclusione;
- pochi studi considerano il luogo della lesione e le implicazioni che questa possa portare alla corretta creazione dell'immagine motoria.
- le differenze tra i vari protocolli applicati rendono difficili i confronti tra i vari interventi;
- gli elementi che caratterizzano il protocollo di motor imagery vengono descritti sommariamente od omessi, in particolare il tempo di svolgimento della motor imagery, la frequenza e il numero di ripetizioni, l'intensità, le modifiche del protocollo in funzione del miglioramento ottenuto, il tipo di compito richiesto (semplice/complesso, segmentario/funzionale), come venga evocata l'immagine motoria (tramite registrazioni audio o tramite richiesta diretta dell'operatore (il fisioterapista interagisce direttamente con il paziente)), la prospettiva usata (prima/terza persona), come venga combinata la motor imagery con la pratica fisica;
- è spesso necessario contattare direttamente gli autori degli articoli per comprendere esattamente cosa sia stato fatto durante la fase sperimentale;
- gli outcomes variano grandemente da studio a studio, rendendo spesso impossibile fare un confronto e una conseguente meta-analisi. Per questa ragione è anche impossibile arrivare a conclusioni generali;
- difficoltà nel testare la capacità delle persone di immaginare correttamente un'azione motoria;
- molti studi non prendono in considerazione se il miglioramento ottenuto sia mantenuto nel tempo;
- il follow-up è spesso assente o di scarsa entità;

- gli studi sono spesso definiti di scarsa qualità metodologica (in primis a causa del fatto che uno studio in cieco per pazienti e terapeuti è spesso non possibile: se i terapeuti istruiscono i pazienti allora non sono ciechi al tipo di intervento che stanno fornendo, lo stesso vale per i pazienti quando viene chiesto loro di partecipare attivamente a un intervento); inoltre spesso prendono in considerazione campioni di esigua dimensione e quindi i risultati sono scarsamente riferibili alla popolazione generale;
- presenza di bias di pubblicazione (si pubblicano meno studi con risultati non significativi o negativi).

Le problematiche riscontrate nei singoli studi, ovviamente, si rispecchiano anche sulle revisioni sistematiche:

- grande eterogeneità tra le caratteristiche delle persone trattate e degli outcomes scelti, con conseguente impossibilità di generalizzazione dei risultati;
- protocolli riabilitativi assenti o accennati, con impossibilità di comprendere a quale componente dell'intervento sia da attribuire l'effetto ottenuto e conseguente impossibilità, per coloro che fruiscono degli studi, di riproporre il medesimo trattamento;
- scarsa qualità metodologica dovuta alle caratteristiche degli studi primari e al tentativo di arrivare a delle conclusioni da questi.

## Capitolo 4

### Risultati

Analizzando diversi articoli, sulla motor imagery emergono dati incoraggianti:

- Secondo Zimmermann-Schlatter et al. (2008), un vantaggio della motor imagery sarebbe che i pazienti la possono praticare indipendentemente durante le fasi di recupero tra due sedute fisioterapiche e può anche essere praticata in qualsiasi fase dello stroke. In una fase precoce di recupero la motor imagery permette ai pazienti di praticare mentalmente un compito che non potrebbero ancora portare a termine a causa dell'impaccio motorio.<sup>7</sup>
- Nilsen et al. (2010) sostengono che la motor imagery sia un mezzo per migliorare la performance delle abilità motorie.<sup>8</sup>
- Per Malouin et al. (2013) la motor imagery non solo risulta essere un'opportunità unica per aumentare il numero di ripetizioni in un modo sicuro e autonomo senza andare incontro ad affaticamento fisico, ma consente anche la simulazione mentale del compito motorio dove e quando il paziente vuole e quando è in grado di praticarla. In più consente di simulare compiti motori complessi quando la pratica fisica sia impossibile o troppo difficile.<sup>9</sup>
- Secondo Tong et al. (2017) la motor imagery sarebbe un mezzo per riapprendere come eseguire certe azioni con gli arti colpiti. Molti studi hanno dimostrato l'efficacia dell'immaginazione motoria quando combinata ad altre terapie (osservazione dell'azione, CIMIT (Constraint Induced Movement Therapy), fisioterapia convenzionale). La motor imagery è economica, efficace, non invasiva e sicura. Può essere praticata a casa dei pazienti dopo adeguato allenamento e può essere applicata a qualsiasi fase della riabilitazione, anche in fase di paralisi flaccida.<sup>11</sup>
- Per Braun et al. (2013) la motor imagery è un potenziale metodo per aumentare l'ammontare di pratica durante la riabilitazione senza pericoli e con costi relativi bassi. Dopo un periodo di apprendimento iniziale l'immaginazione del gesto motorio può essere praticata dal paziente indipendentemente dal terapeuta, dal luogo e dall'ora del giorno.<sup>15</sup>
- Per Li et al (2017) la motor imagery può essere un promettente trattamento per la riabilitazione post-stroke. Essa non necessita di materiale speciale e può essere svolta facilmente a casa dai pazienti (con l'eventuale ausilio dei caregivers) dopo

aver ricevuto una formazione professionale. Può anche incrementare lo stato funzionale del paziente, incoraggiare la partecipazione, facilitare il trattamento continuo e la cura e ridurre il peso finanziario dei pazienti con stroke con riabilitazione a lungo termine. La motor imagery è valida sia da un punto di vista clinico che economico.<sup>16</sup>

Soffermendosi solo sui risultati positivi riscontrati in alcuni studi, la motor imagery parrebbe essere una tecnica riabilitativa estremamente conveniente, con grandi vantaggi, sia in campo clinico che economico.

Andando ad approfondire un po' più nel dettaglio, si trovano voci discordanti sugli effettivi effetti di tale metodica.

Vista la grande eterogeneità negli outcomes proposti dai vari studi, verranno ora riportati i principali risultati in ordine di articolo.

Come prima analisi, porto una revisione non sistematica della letteratura, più orientata a fornire delucidazioni in merito alla motor imagery che a fornire risultati concreti, proposta da Tong et al. (2017).<sup>11</sup> Secondo gli autori, diversi studi presi in considerazione in questa revisione hanno trovato un significativo incremento dell'eccitabilità corticale e un miglioramento del recupero motorio dell'arto superiore nei pazienti colpiti da ictus (Sun et al. (2016)). Ancora, riportano di un miglioramento nell'uso dell'arto superiore dopo stroke se, alla motor imagery, si affianca la Constraint Induced Movement Therapy (Park et al. (2015)). Altri studi riportano un miglioramento dell'uso dell'arto superiore quando si combinano immaginazione mentale e pratica fisioterapica tradizionale (Page et al. (2005)). Nonostante i risultati promettenti riportati, viene citata una review Cochrane del 2011 (Barclay-Goddard et al. (2011); la revisione Cochrane verrà presa maggiormente in considerazione successivamente) che sostiene vi siano poche evidenze che suggeriscono che la motor imagery, utilizzata assieme ad altri tipi di terapia, sia valida per aumentare la funzionalità degli arti superiori dopo stroke.

Per quanto riguarda gli arti inferiori, vengono riportati studi che affermano che la motor imagery possa essere utilizzata nel riallenamento del cammino dopo ictus, con l'avvertimento che potrebbe non funzionare per tutti i pazienti (Malouin et al. (2010)). Ulteriori studi riportano miglioramenti nella velocità del cammino e nell'aumento di forza dei muscoli interessati dall'attività deambulatoria (Kumar et al. (2016)). Uno studio riporta

---

<sup>16</sup>Rong-Qing Li, Zhuang-Miao Li, Jing-Yu Tan, Gu-Lan Chen, Wen-Ying Lin; Effects of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: A quantitative synthesis of randomized controlled trials; *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2017, Vol 28, 75-84.

il miglioramento dell'equilibrio quando il trattamento convenzionale sia affiancato all'utilizzo dell'allenamento mentale (Bae et al. (2015)). Generalizzando i risultati della revisione sistematica, per quanto riguarda gli arti inferiori è stato notato un miglioramento nei parametri del cammino ma sull'equilibrio c'è discordanza.

Gli studi presi successivamente in considerazione sono tutti revisioni sistematiche e meta-analisi.

Barclay-Goddard et al.<sup>17</sup>, in una revisione sistematica Cochrane del 2011, vanno a indagare l'efficacia della pratica mentale nel trattamento dei deficit degli arti superiori in individui con emiparesi a seguito di stroke. La revisione prende in considerazione sei studi: Müller et al. (2007), Page et al. (2001, 2005, 2007, 2009) e Riccio et al. (2010). Nei lavori di Page et al. (2001, 2005, 2007), il gruppo sperimentale esegue un trattamento riabilitativo tradizionale affiancato da pratica mentale, il gruppo di controllo un trattamento riabilitativo tradizionale con un'attività mentale "placebo" (sottrarre ripetutamente il numero 7 a un dato numero). Nei lavori di Page et al. (2009) e Riccio et al. (2010), il gruppo sperimentale esegue un trattamento riabilitativo tradizionale affiancato da pratica mentale, il gruppo di controllo solo il trattamento riabilitativo tradizionale. Nel lavoro di Müller et al. (2007), il gruppo sperimentale esegue solamente della pratica mentale mentre il gruppo di controllo un trattamento convenzionale.

Secondo Barclay-Goddard et al., come già precedentemente riportato, vi sarebbero ancora poche evidenze che suggeriscano che la motor imagery, utilizzata assieme ad altri tipi di terapia, sia valida per aumentare la funzionalità degli arti superiori dopo stroke, quando comparato ad altri trattamenti non affiancati da pratica mentale. Evidenze riguardanti il miglioramento del recupero motorio e della qualità dei movimenti sono ancora più scarse.

Nonostante i risultati sopra riportati, gli autori affermano che, dato che non ci sono evidenze di effetti collaterali o danni correlati alla pratica mentale in letteratura, i clinici possono prendere in considerazione l'uso dell'immaginazione motoria in aggiunta ai trattamenti tradizionali per incrementare la funzione degli arti superiori dopo stroke. La revisione si conclude sottolineando la necessità di ulteriori studi che vadano ad indagare aspetti rilevanti quali il dosaggio ottimale della pratica mentale e le caratteristiche dei pazienti che maggiormente abbiano giovamento dalla motor imagery.

---

<sup>17</sup>Barclay-Goddard RE, Stevenson TJ, Poluha W, Thalman L; Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke (Review); 2011.

Nella revisione sistematica di Zimmermann-Schlatter et al. (2008) <sup>7</sup>, indagando l'efficacia della motor imagery nella riabilitazione post-stroke, gli autori hanno preso in considerazione quattro RCT. Tutti e quattro gli studi hanno confrontato tra loro un trattamento riabilitativo tradizionale, in seguito a ictus, rispetto a un trattamento tradizionale affiancato alla motor imagery.

Tutti e quattro gli studi hanno valutato i miglioramenti ottenuti a livello degli arti superiori, tre con la scala di valutazione Fugl-Meyer Stroke Assessment (FMSA) e due con la Action Research Arm Test (ARAT).

Lo studio di Liu et al. [22] non riporta differenze significative, per quanto riguarda i punteggi ottuenti alla FMSA, tra il gruppo sperimentale e quello di controllo, mentre i restanti tre studi, Page et al. 2005 [23], 2001 [24] e 2000 [25], affermano esserci un significativo miglioramento, in particolare il [23] per quanto riguarda l'incremento di punteggio nella scala ARAT, il [24] per quanto riguarda le scale ARAT e FMSA e il [25] per quanto riguarda la scala FMSA. Questi miglioramenti sono stati però riscontrati solo nel breve periodo.

Secondo Zimmermann-Schlatter et al. (2008), quindi, vi sarebbero modeste evidenze che supportino il miglioramento dato dalla combinazione della motor imagery con la fisioterapia tradizionale rispetto alla sola fisioterapia.

Tabella degli studi presi in considerazione da Zimmermann-Schlatter et al. (2008), con le caratteristiche degli RCT. <sup>7</sup>

Study	Number of patients	Gender (% male)	Mean age in years ( $\pm$ SD if available) range (if available)	Time since stroke (months)	Intervention	Outcomes
Liu [22]	46 with a first unilateral cerebral infarction	48	MI group: 71.0 ( $\pm$ 6.0) Controls: 72.7 ( $\pm$ 9.4)	0.5	<b>Intervention group:</b> 60 minutes PT sessions five days a week for 3 weeks. Plus: motor imagery five 60 minutes sessions per week for 3 weeks. OT's provided the motor imagery training. <b>Controls:</b> 60 minutes PT sessions five days a week for 3 weeks. Plus instead of imagery: a demonstration-then-practice method for the same tasks as in the MI group for five 60 minutes sessions per week for 3 weeks. OT's provided the demonstration than practice training.	FMSA CTT2 Task performance test
Page [24]	13 with a unilateral cerebral infarction	77	64.6 range:54-79	6.5	<b>Intervention group:</b> conventional therapy (OT and PT) 3 times/week, in 60 minutes segments for 6 weeks. Plus: 10 minutes audiotape with cognitive visual images + using such a tape at home twice a week. <b>Controls:</b> Conventional therapy (OT and PT) 3 times/week, in 60 minutes segments for 6 weeks. Plus instead of imagery: 10-minutes tape containing stroke information + using such a tape at home twice a week.	FMSA ARAT
Study	Number of patients	Gender (% male)	Mean age in years ( $\pm$ SD if available)	Time since stroke (months)	Intervention	Outcomes
Page [23]	11 with a stroke	82	62.3 ( $\pm$ 5.1) range: 53-71	24	<b>Intervention group:</b> A set of ADL's is practiced through PT 2 times/week for 30 minutes for 6 weeks. Plus after PT participants received 30 minutes MP intervention. And they also practice it mentally at home. <b>Controls:</b> A set of ADL's is practiced through PT 2 times/week for 30 minutes for 6 weeks. Plus instead of MP: after the PT session they received a session of relaxation techniques for 30 minutes.	ARAT MAL
Page [25]	16 with a unilateral cerebral infarction	100	63.2 ( $\pm$ 4)	22	<b>Intervention group:</b> OT: 3 times/week in 30 minutes sessions for 4 weeks. Plus: an imagery intervention lasting 20 minutes after the OT session. <b>Controls:</b> OT: 3 times/week in 30 minutes sessions for 4 weeks. Plus instead of MP: after OT session a 20 minutes tape with instructions and information requiring the patients' attention and participation and on the causes and the pathology of strokes.	FMSA



Nella revisione sistematica di Nilsen et al. (2010) <sup>8</sup>, riguardante l'uso della pratica mentale per migliorare il recupero degli arti superiori dopo stroke, sono stati inclusi 15 studi.

Per quanto riguarda l'intervento utilizzato, quasi tutti gli studi hanno combinato in vario modo pratica mentale e pratica fisica. I compiti proposti sono estremamente vari (dall'opposizione delle dita di Muller et al. (2007) a semplici movimenti di polso e avambraccio di Stevens e Phillips Stoykov (2003), al disegno di linee di Yoo et al. (2001)). Anche le scale di valutazione proposte sono molto eterogenee (la FMSA è stata proposta da Gaggioli et al. (2006), Page, (2000), Page et al. (2001a,b), Page, Levine, e Hill (2007); Page, Levine, e Leonard (2007), Stevens e Phillips Stoykov (2003); il motricity index da Crosbie et al. (2004), Simmons et al. (2008); la Jebsen Test of Hand Function da Muller et al. (2007), Stevens e Phillips Stoykov (2003); la ARAT da Gaggioli et al. (2006), Page et al. (2001b, 2005), Page, Levine, e Hill (2007), Page, Levine, e Leonard (2007)).

Sette dei quindici studi hanno mostrato differenze statisticamente significative a favore della pratica mentale (Crosbie et al. (2004), Dijkerman et al. (2004), Hewett et al. (2007), Muller et al. (2007), Page (2000), Page et al. (2005), Page, Levine, e Leonard (2007)).

Ancora, sembrerebbe che la pratica mentale combinata con la pratica fisica porti a migliori risultati rispetto alla pratica fisica da sola o a trattamenti riabilitativi tradizionali (Dijkerman et al. (2004), Muller et al. (2007), Page (2000); Page et al. (2005); Page, Levine, e Leonard (2007)).

Da quanto detto, sembrerebbe che la pratica mentale migliori l'abilità motoria e il recupero funzionale degli arti superiori. Tuttavia, data l'eterogeneità degli studi, è difficile fare una generalizzazione dei risultati ottenuti.

Tabella degli studi presi in considerazione da **Nilsen et al. (2010)** sull'uso della pratica mentale per migliorare il recupero degli arti superiori dopo stroke. <sup>8</sup>

Author/Year	Study Objectives	Level/Design/Participants	Intervention and Outcome Measures <sup>a</sup>	Results
Butler & Page (2006)	To measure the efficacy of a program combining MP and physical practice with the efficacy of a program composed of only CIMT or only MP	Level IV: Case series Participants N = 4 men and women Mean age = 62.75 Mean time since stroke = 9.25 mo (range = 3–16 mo) Left cortical and subcortical CVAs	<b>Intervention</b> 3 hr/day for 2 wk of either CIMT, MP only, or a combination of the two were administered. Two patients received MP and CIMT, 1 received only MP, and 1 received only CIMT.  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. Wolf Motor Function Test (Activity Limitation) c. MAI (Activity Limitation)	a. The participant receiving MP regressed on this measure. One participant receiving MP plus CIMT increased from 21 to 37, and the other remained stable. b. The participant receiving MP only showed a slight but not meaningful improvement (2.0 s decrease). One participant receiving MP plus CIMT showed a 1.6-s improvement, and the other patient regressed by 6.2 s. c. The participant receiving only MP showed a slight but not meaningful improvement on the MAI scales. One participant receiving MP plus CIMT showed a clinically meaningful improvement on both scales (2.5 and 1.06).

*Note.* Impairments are problems in body function (physiological functions of body systems) or structure (anatomical parts of the body such as organs, limbs, and their components), such as a significant deviation or loss. Activity limitations are difficulties a person may have in executing activities. Participation restrictions are problems a person may experience in involvement in life situations. Level I = systematic reviews, meta-analyses, randomized controlled trials; Level II = nonrandomized controlled trials, case control trials; Level III = pretest posttest designs, cross sectional designs; Level IV = single subject designs, case series; Level V = case reports, narrative literature reviews. ADLs = activities of daily living; ARAT = Action Research Arm Test; CCT = clinical control trial; CIMT = constraint-induced movement therapy; CVA = cerebrovascular accident; FMA = Fugl-Meyer Motor Assessment; MAI = Motor Activity Log; mCIMT = Modified Constraint Induced Movement Therapy; MP = mental practice; OT = occupational therapy; PT = physical therapy; RCT = randomized controlled trial; STRIM = Stroke Rehabilitation Assessment of Movement; UE = upper extremity.

<sup>a</sup>Information in parentheses is the disability dimension according to the World Health Organization's (2001) International Classification of Functioning and Disability (ICF).

Author/Year	Study Objectives	Level/Design/Participants	Intervention and Outcome Measures <sup>a</sup>	Results
Crosbie, McDonough, Gilmora, & Wiggam (2004)	To assess the feasibility and practicalities of using the technique of mental practice as an adjunct in the rehabilitation of the upper limb after stroke	Level IV; Case series  Participants N = 10 men and women  Age range = 45–81 yr  Time since stroke = 10–175 days  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> 2-wk intervention consisted of daily MP sessions of a reach-and-grip task in addition to usual therapy.  1 no participants were shown videotapes to cue the visualization.  <b>Outcome Measures</b> Motor Index (UE) Impairment  <b>Intervention</b> A 4-wk home-based program  Experimental group practiced self-generated daily MP consisting of moving 10 tokens with their affected arm 3x per day. The nonmotor imagery control group visually recalled a previously seen set of pictures. The third group was not involved in mental rehearsal. All patients practiced physically moving the tokens. Patients kept a log that recorded when they performed the tasks.  <b>Outcome Measures</b> a. Motor training task (impairment) b. Modified motor training task (impairment) c. Pegboard test (impairment) d. Dynamometer (impairment)  e. Position sense (impairment) f. 2-point discrimination (impairment) g. Recovery Locus of Control Scale (impairment) h. Barthel Index Modified (Activity Limitation) i. Functional Limitations Profile (Activity Limitation)	8 participants demonstrated significant improvement on the basis of a 2-band standard deviation method
Dijkerman, Jetswaart, Johnston, & Mac-Weber (2004)	To assess the efficacy of motor imagery training for arm function in chronic stroke patients vs. nonmotor imagery vs. no mental rehearsal	Level II; CCT  Participants N = 20 men and women  Experimental group = 10  Control Group 1 = 5  Control Group 2 = 5  Mean age = 64  Mean time since stroke = 2.0 yr (range = 1–4 yr)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> Experimental group practiced self-generated daily MP consisting of moving 10 tokens with their affected arm 3x per day. The nonmotor imagery control group visually recalled a previously seen set of pictures. The third group was not involved in mental rehearsal. All patients practiced physically moving the tokens. Patients kept a log that recorded when they performed the tasks.  <b>Outcome Measures</b> a. Motor training task (impairment) b. Modified motor training task (impairment) c. Pegboard test (impairment) d. Dynamometer (impairment)  e. Position sense (impairment) f. 2-point discrimination (impairment) g. Recovery Locus of Control Scale (impairment) h. Barthel Index Modified (Activity Limitation) i. Functional Limitations Profile (Activity Limitation)	a. 14% increase in experimental group compared with 6% for control group ( $p < .05$ ). b. No differences c. No differences d. No differences e. No differences f. No differences g. No differences h. No differences i. No difference
Caglioli, Meneghini, Morganti, Acaniz, & Hiva (2006)	To investigate the technical and clinical viability of using computer facilitated MP in the rehabilitation of upper-limb hemiparesis after stroke	Level V; Case study  Participants N = 1 man  Age = 46  Time since stroke = 13 mo  Left hemispheric ischemic stroke	<b>Intervention</b> 8 computer enhanced 0.5 hr MP sessions/wk were administered for 4 wk plus usual half-hour sessions of PT. A virtual reality system was used to guide MP, followed by a 3x/wk for 1-mo home program.  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. ARAT (Impairment)	a. Consistently increased during the 4 wk of intervention (21% improvement compared with baseline) with modest increases during the home-based training b. Consistently increased during the 4 wk of intervention (20% improvement compared with baseline) with modest increases during the home-based training
Hewett, Ford, Levine, & Page (2007)	To examine MP efficacy using a kinematics reaching model	Level IV; Case series  Participants N = 5 men and women  Mean age = 52.6  Mean time since stroke = 51.2 mo (13–126 mo)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> Outpatient intervention  Participants practiced the same set of ADLs, both via physical practice and MP. Therapy occurred 2x/wk in 30-min segments for 6 wk.  After therapy, participants participated in the tape-recorded MP intervention.  <b>Outcome Measures</b> Kinematic analysis of 2 functional reaching tasks consisting of reaching and grasping a plastic cylinder positioned at either elbow height (reach out) or shoulder height (reach up) (impairment)	Preintervention, the mean horizontal reaching distance was $8.8 \pm 1.7$ cm and $10.6 \pm 2.2$ cm for the reach-up and reach-out tasks, respectively.  On completion of the intervention, ability to reach up significantly improved to $9.5 \pm 1.6$ cm ( $p < .001$ ). Horizontal reach distance also improved, although not significantly, during the reach-out task ( $11.7 \pm 2.2$ cm, $p = .368$ ). No differences were observed in linear hand velocity.  Patients also exhibited greater shoulder flexion ( $M = 8^\circ$ ) and elbow extension ( $M = 4^\circ$ ) during both the posttest reach up and posttest reach-out tasks.
Muller, Blutschitz, Seitz, & Hornberg (2007)	To test the hypothesis that imagery of finger movements is a specific strategy to improve hand function	Level II; CCT  Participants N = 17 men and women  Experimental group = 6  Control Group 1 = 6  Control Group 2 = 5  Mean age = 62  Mean time since stroke = 20.7 days (1–212 days)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> Experimental group received a daily training session of 30 min 5x/wk for 4 wk. Participants were taught a sequence of finger movements that was presented via videotape. The MP group mentally rehearsed the sequence. The motor group physically practiced. The conventional therapy group received standard OT/PT.  <b>Outcome Measures</b> a. Jebsen Hand Function Test (Activity Limitation) b. Pinch strength (impairment)	a. Subtests reflected a trend of better recovery for the MP group and the physical practice group but not the conventional group. A significant difference was observed for the writing and simulate feeding subtests for the MP group vs. the conventional therapy group ( $p < .01$ ). b. Significant differences were found between the MP group and the conventional therapy group ( $p < .02$ ). No differences were found between the MP and physical practice group.
Page (2000)	To test the efficacy of an OT plus MP program on reducing chronic LE motor impairment compared with OT only	Level I; CCT  Participants N = 6 men  Experimental group = 6  Control group = 6  Mean age = 63 yr  Mean time since stroke = 1.8 yr  All left CVAs	<b>Intervention</b> A 4-wk program administered 3x/wk in 1- to 2-hr outpatient sessions combining OT and MP.  The tape-recorded MP intervention lasted 20 min.  Control participants received occupational therapy as above and listened to 20-min stroke education tapes.  <b>Outcome Measure</b> a. FMA (Impairment)	a. The experimental group exhibited a 35.98% improvement compared with a 21.15% improvement in control group. The experimental group exhibited a significantly greater improvement ( $p = .002$ ).  Effect size = 1.18
Page, Levine, & Hill (2007)	To determine the efficacy of an MP program that preceded mCIMT in improving more-affected arm function in patients with a stroke	Level IV; case series  Participants N = 4 men and women  Mean age = 62.5  Mean time since stroke = 32.0 mo (range = 14–81 mo)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> Outpatient intervention  Participants practiced the same set of ADLs, both via physical practice and MP. Therapy occurred 2x/wk in 30-min segments for 6 wk. After therapy, participants participated in the tape-recorded MP intervention.  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. FMA (Activity Limitation) c. Motor criteria to engage in mCIMT (Impairment)	a. Mean change score = 5.0 b. Mean change = 4.9 c. After intervention, participants became eligible for mCIMT on the basis of improved motor status.



Author/Year	Study Objectives	Level/Design/Participants	Intervention and Outcome Measures <sup>a</sup>	Results
Page, Levine, & Leonard (2005)	To determine the efficacy of an MP protocol in increasing the function and use of the more affected limb in patients with chronic stroke	Level I: RCT  Participants N = 11 men and women  Experimental group = 6  Control group = 5  Mean age = 62.3  Mean time since stroke = 23.8 mo (range = 15–43 mo)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> 6 wk program  All participants received 30-min therapy sessions 2x/wk. Experimental participants concurrently received sessions requiring daily 30 min MP of the ADLs practiced in therapy using audiotapes; control participants received an intervention consisting of 30 min of audiotaped relaxation techniques.  <b>Outcome Measures</b> a. ARAT (Activity Limitation) b. MAL (amount of use) (Activity Limitation) c. MAL (quality of movement) (Activity Limitation)	a. Significantly greater changes for the experimental group (10.7) vs. control group (4.8) $p = .004$ b. Greater changes for the experimental group (+1.5) vs. control group (+0.4) c. Greater changes for the experimental group (+2.2) vs. control group (+0.2)
Page, Levine, & Leonard (2007)	To compare the efficacy of a rehabilitation program incorporating MP of specific arm movements to a placebo condition	Level I: RCT  Participants N = 32 men and women  Experimental group = 16  Control group = 16  Mean age = 59.5  Mean time since stroke = 42 mo (range = 12–174 mo)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> Participants received 50-min therapy sessions 2x/wk for 6 wk. Experimental participants also received 30-min MP sessions after therapy. Control participants received the same amount of therapist interaction as the experimental group and a sham intervention directly after therapy, consisting of relaxation.  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. ARAT (Activity Limitation)	a. Experimental group improved a mean 6.79 points, as compared with 1.0-point changes for the control group ( $p = .0001$ ). b. Experimental group improved an average of 7.31 points; the control group improved an average of 0.44 points ( $p < .0001$ )
Page, Levine, Sisto, & Johnston (2001a)	To examine the effect of PI plus MP on both impairment and functional outcomes related to UE motor deficit after stroke	Level V: Case study  Participant N = 1 man  Age = 55  Time since stroke = 5 mo  Right hemispheric stroke	<b>Intervention</b> A 6-wk program was administered. The patient received PT 3x/wk for 1 hr/session. In addition, 2x/wk after his PT and 2x/wk at home, he engaged in MP (a tape-recorded intervention lasting approximately 10 min).  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. STREAM (UE) (Impairment) c. ARAT (Activity Limitation)	a. Scores of 46 (Pretest 1), 38 (Pretest 2), and 53 (Posttest); improvements were noted on the wrist and finger items in particular. b. At the posttest, participant improved on 6 of the 10 items. c. Participant obtained scores of 15 at Pretest 1, 17 at Pretest 2, and 40 at posttest.
Page, Levine, Sisto, & Johnston (2001b)	To compare the feasibility and efficacy of a program combining MP and OT with a program of OT/PT only to reduce (sub) acute UE motor impairment and improve UE function	Level I: RCT  Participants N = 13 men and women  Experimental group = 6  Control group = 5  Mean age = 64.6  Mean time since stroke = 8.5 mo (range = 2–11 mo)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> A 6-wk program of 1 hr outpatient sessions of OT/PT administered 2x/wk.  Experimental participants received 10 min MP sessions after therapy and at home 2x/wk. Control participants listened to stroke education tapes for 10 min.  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. ARAT (Activity Limitation)	a. Experimental change score: 13.8; control change score: 2.9 b. Experimental change score: 16.4; control change score: 0.7
Simmons, Sharma, Baron, & Pomeroy (2008)	To examine the effects of motor imagery training on motor recovery	Level III: pretreatment, posttreatment, single group  Participants N = 8 men and women  Mean age = 67.8  Mean time since stroke = 14.2 mo (0.5–30 mo)  Both right and left CVAs	<b>Intervention</b> The intervention consisted of 10 sessions (10 20-min periods separated by a 10-min break). The MP consisted of imagining isolated movements, combined functional movements focused on the hand, and combined functional movements including the arm and hand.  The actions were first physically demonstrated, followed by the participant physically performing the task with the nonparetic limb (2 repetitions), followed by imagined movements of the nonparetic limb (2 repetitions), and imagined movements of the paretic limb (9 repetitions).  <b>Outcome Measures</b> a. Motricity Index (Impairment) b. Nine-Hole Peg test (Impairment) c. Finger tapping rate (paretic to nonparetic; Impairment) d. MAL (quality of movement scale) (Activity Limitation) e. ARAT (Activity Limitation)	a. Baseline mean = 77.33 (21.63); outcome mean = 78.85 (17.10); follow-up mean = 76.67 (15.83) b. Baseline mean = 0.17 (0.15); outcome mean = 0.17 (0.14); follow-up mean = 0.18 (0.11) c. Baseline mean = 0.42 (2.95); outcome mean = 0.45 (0.28); follow-up mean = 0.52 (0.31) d. Baseline mean = 1.6 (1.19); outcome mean = 2.28 (1.32); follow-up mean = 2.01 (1.26) e. Baseline mean = 39.03 (21.33); outcome mean = 43.17 (19.5); follow-up mean = 46.67 (20.54)
Stevens & Phillips Stoykiv (2003)	To examine the effectiveness of using motor imagery training via imagined movements and the use of a mirror box apparatus in the rehabilitation of hemiparesis	Level IV: Case series  Participants N = 7 (1 man, 6 women)  Age = 76 and 63, respectively  Time since stroke = 14 mo and 6 yr, 2 mo, respectively  Right and left CVAs, respectively	<b>Intervention</b> 1-hr sessions, 3x/wk for 4 consecutive wk including computer-facilitated imagery using movies focused on wrist and forearm movements and mirror box-facilitated imagery were administered. Mirror box imagery training lasted about 50 min.  <b>Outcome Measures</b> a. FMA (Impairment) b. Grip strength (Impairment) c. Range of motion (Impairment) d. Chedoke-McMaster Strokes Assessment (Impairment) e. Jøssan test of Hand Function (Activity Limitation)	a. Consistently increased during intervention and modest increases during the 3 follow-up months b. Improved overall c. Improved during intervention with minimal decreases at follow-up d. 1-point increases during the intervention that diminished during the 1st month postintervention e. Decreases in movement time during intervention and generally maintained at follow-up for 3 subtests
Yoo, Park, & Chung (2001)	To investigate the effect of MP on line-tracing accuracy of people with hemiparesis after stroke	Level IV: Single-case, experimental, multiple-baseline design  Participants N = 3  Ages = 24, 44, and 59 yr	<b>Intervention</b> MP was administered using 10-min audiotapes for horizontal line-tracing training in 17 sessions. Immediately after listening to the tape, the participants physically traced a horizontal and a curved line.	a. Mean line-length errors were 3.33, 7.38, and 0.30 in. at baseline and 1.41, 2.70, and 0.24 in., respectively, after MP training. b. Mean line-length errors were 3.15, 6.66, and 0.52 in. at baseline and 1.65, 4.36, and 0.80 in. after intervention.

Author/Year	Study Objectives	Level/Design/Participants	Intervention and Outcome Measures <sup>a</sup>	Results
		Time since stroke – 15, 2, and 12 mo All right CVAs	Outcome Measures a. Tracing a 5.9 in. long horizontal line (Impairment) b. Tracing a 5-in. long curved line (Impairment)	Shorter tracing times and improved tracing quality were also noted.

*Note.* Impairments are problems in body function (physiological functions of body systems) or structure (anatomical parts of the body such as organs, limbs, and their components), such as a significant deviation or loss. Activity limitations are difficulties a person may have in executing activities. Participation restrictions are problems a person may experience in involvement in life situations. Level I – systematic reviews, meta analyses, randomized controlled trials; Level II – nonrandomized controlled trials, case control trials; Level III – pretest, posttest designs, cross sectional designs; Level IV – single subject designs, case series; Level V – case reports, narrative literature reviews. ADLs = activities of daily living; ARAT = Action Research Arm Test; CCT = clinical control trial; CIMT = constraint-induced movement therapy; CVA = cerebrovascular accident; FMA = Fugl-Meyer Motor Assessment; MAL = Motor Activity Log; mCIMT = Modified Constraint-Induced Movement Therapy; MP = mental practice; OT = occupational therapy; PT = physical therapy; RCT = randomized controlled trial. STREAM = Stroke Rehabilitation Assessment of Movement; UE = upper extremity.

<sup>a</sup>Information in parentheses is the disability dimension according to the World Health Organization's (2001) *International Classification of Functioning and Disability (ICF)*.

Nella revisione sistematica e meta-analisi di Braun et al. (2013) <sup>15</sup> si è andato a valutare l'effetto della pratica mentale nella riabilitazione neurologica.

Alcuni RCT, nel protocollo sperimentale, hanno coniugato la pratica mentale con la terapia convenzionale all'interno della medesima seduta (Liu et al. (2004,2009), Tamir et al. (2007), Bovend'Eerd et al. (2010), Braun et al. (2011a, 2012)), altri l'hanno svolta in aggiunta alla terapia tradizionale, prolungando il tempo dedicato alla riabilitazione (Page et al. (2001, 2005, 2007, 2009), Muller et al. (2007), Liu, (2009), Riccio et al. (2010), Ietswaart et al. (2011), Welfringer et al. (2011)) e uno studio ha valutato entrambi i precedenti protocolli (Schuster et al. (2012)).

Per quanto riguarda il gruppo di controllo, l'intervento è andato da una semplice seduta di rilassamento (Page et al. (2005, 2007)), alla cessione di informazioni generiche, per esempio sull'ictus (Page et al. (2001)), alla terapia riabilitativa tradizionale (Muller et al. (2007), Tamir et al. (2007), Page et al. (2009), Bovend'Eerd et al. (2010), Riccio et al. (2010), Braun et al. (2011a, 2012), Ietswaart et al. (2011), Welfringer et al. (2011), Schuster et al. (2012)).

I compiti proposti nel gruppo sperimentale si possono generalizzare in compiti semplici, come bere da un bicchiere (Page et al. (2005)) o compiti complessi coinvolgenti l'intero corpo, come andare al parco (Liu et al. (2009)).

All'Action Research Arm Test (ARAT) si è riscontrato un significativo miglioramento sul breve termine, nessun dato è disponibile per quanto riguarda il lungo termine ((Page et al. (2001, 2005, 2007, 2009), Bovend'Eerd et al. (2010), Ietswaart et al. (2011), Welfringer et al. (2011)).

Alla Rivermead Motricity Index (Bovend'Eerd et al. (2010), Braun et al. (2012)) e alla Bathel Index (Bovend'Eerd et al. (2010), Ietswaart et al. (2011), Braun et al. (2012)) non si sono trovati significativi miglioramenti, nemmeno al follow up.

Alle attività funzionali (come bere e camminare; capacità di svolgere tali attività misurata mediante scala numerica NRS; Liu et al. (2004, 2009), Liu (2009), Braun et al. (2012)) è

stato riscontrato un moderato effetto, nessun dato è disponibile per quanto riguarda il lungo termine.

Generalizzando, si è riscontrato qualche beneficio sull'abilità degli arti superiori e sulla mobilità dopo evento ictale, ma è impossibile giungere a una conclusione definitiva. Si sono visti anche effetti a livello cognitivo ed emozionale (per esempio, effetti sull'attenzione, miglioramenti nei piani d'azione in situazioni non familiari, aumentata motivazione e stato di attivazione (arousal), riduzione della depressione; Liu et al. (2004, 2009), Tamir et al. (2007), Liu (2009), Welfringer et al. (2011)) e possibili effetti negativi (riduzione della concentrazione, soprattutto in caso di attività prolungata, irritazione, noia; Braun et al. (2011a, 2012)).

Tabella degli studi presi in considerazione da **Braun et al. (2013)**, con le caratteristiche degli RCT. <sup>15</sup>

Study	Method/ population	Intervention	Measurement instruments, moments and follow-up on physical recovery	Conclusion with regard to the effects of MP on physical recovery	Effects reported on cognition or emotion reported side-effects
<b>STROKE POPULATION</b>					
Page et al., 2001	Randomized controlled trial	<i>MP added to therapy</i>	Primary outcome and primary outcome measure: - ARAT and FM  Timing: - Pretest, posttest 6 wk after the start of the intervention - No follow-up	MP added to therapy may have effects on selectivity and ability of the arm and hand  No test for significance was performed	Interviews and logs were used but showed no side-effects or effects on cognition/emotion
	N total: 13 N (EG): 8 N (CG): 5  Mean age, SD (years): Total: 64.6 ± 14.6  Time post-stroke (months): EG: range 2–11 CG: range 3–11	Both groups: - 6 wk intervention period, 3x/wk 60 min - 30 min upper limb and 30 min lower limb  Experimental group: - Daily imagery by tape; 3x/week at home, 2x/week in the clinic - Content tape: 2–3 min relaxation, 1 min MP of ADLs, 2 min refocusing - Three different scripts, 1 for every 2 wk (reaching for and grasping a cup or object, turning a page in a book, proper use of a pencil or pen) - Kinesthetic and visual imagery  Control group: Tape: 10 min, information about stroke (both at home and in the clinic)			
Liu et al., 2004	Prospective randomized controlled trial	<i>MP embedded in therapy</i>	Primary outcome and primary outcome measure: - Patient performance on tasks using a 7-point Likert Scale (trained and untrained tasks)  Secondary outcome and secondary outcome measure: - FM - CTT  Timing: - Pre-test, post-test 3 wk after the start of the intervention - Follow-up 1 month after post-test	MP might improve the execution of both trained and untrained tasks	MP group showed significantly greater improvement CTT (subscale) score across time than control group, possibly indicating increased attention and sequential processing
	N total: 46 N (EG): 25 N (CG): 20  Mean age, SD (years): EG: 71.0 ± 6.0 CG: 72.7 ± 9.4  Mean time post-stroke, SD (days): EG: 12.3 ± 5.3 CG: 15.4 ± 12.2	Both groups: - 5 wk 5x/week for 60 min PT - 2 wk intervention period, 5x/wk for 60 min with either experimental or control intervention by an OT - Tasks: 15 trained functional tasks including household, cooking and shopping tasks, standardized for all patients of the experimental group - First week easy tasks such as laundry folding, third week: shopping, taking transportation  Experimental group: - Daily imagery - First week: analyzing task sequences (motor planning) - Second week: problem identification through MI - Third week: practicing - Kinesthetic and visual imagery was used  Control group: - Daily OT conventional functional retraining program - Same dose as intervention MP			

Abbreviations: ADL, Activities of Daily Living; AFT, Arm Functional Test; ARAT, Action Research Arm Test; BBS, Berg Balance Scale; BI, Barthel Index; CG, Control Group; CMMA, Chedoke-McMaster Stroke Assessment; CTT, Color Trails Test; EG, Experimental Group; FAS, Functional Activity Scale; FM, Fugl-Meyer assessment; h, hours; min, minutes; K/VQ, Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire; MAL, Motor Activity Log; MI, Motor Index; MP, mental practice; NEADL, Nottingham Extended Activities of Daily Living; NHPT, Nine Hole Peg Test; NRS, Numeric Rating Scale; OT, Occupational Therapy; PT, Physiotherapy; RMI, Rivermead Mobility Index; R-MI, Revised Movement Imagery Questionnaire; SD, Standard Deviation; TUG, Timed Up and Go; UPDRS, Unified Parkinson's Disease Rating Scale; VAS, Visual Analogue Scale; wk, weeks.



Study	Method/ population	Intervention	Measurement instruments, moments and follow-up on physical recovery	Conclusion with regard to the effects of MP on physical recovery	Effects reported on cognition or emotion Reported side-effects
Page et al., 2005	Randomized controlled trial  N total: 11 N (EG): 6 N (CG): 5  Mean age, SD (years): Total: 62.3 ± 9.1  Mean time post-stroke (months): N total: 23.8 (range: 15–48)	<i>MP added to therapy</i>  Both groups: - 6 wk intervention period, 2x/wk 30 min OT apart from intervention - Task: functional movements of ADLs using affected arm, standardized for all patients of the experimental group  Experimental group: - MP by tape after physical practice for 30 min, 5 min relaxation, 20 min MP, 3–5 min refocusing - Internal, cognitive polysensory images were suggested  Control group: - Tape: 30 min; progressive relaxation (Jacobson)	Primary outcome and primary outcome measure: - MAL - ARAT  Timing: - Twice a pre- and once a posttest 6 wk after start of the intervention - No follow-up	MP added to therapy as usual may have effects on the use and ability of the arm and hand	–
Page et al., 2007	Randomized placebo-controlled trial  N total: 32 N (EG): 16 N (CG): 16  Mean age, SD (years): EG: 56.69 ± 12.86 CG: 50.36 ± 14.17  Mean time post-stroke, SD (months): EG: 38.81 ± 25.80 CG: 45.19 ± 43.96	<i>MP added to therapy</i>  Both groups: - 6 wk intervention period, 2x/wk 30 min physical therapy apart from MP - Task: functional movements of ADL using effected arm - Three versions: 1 for every 2 wk  Experimental group: - MP by tape: 5 min relaxation, 20 min MP, 3–5 min refocusing - Internal, cognitive polysensory images were suggested - 1st person view - Kinaesthetic and visual imagery were used  Control group: - Tape: 30 min; progressive relaxation (Jacobson)	Primary outcome and primary outcome measure: - FVI (upper extremity) - ARAT  Timing: - Pre-test twice, post-test 1 wk 6 wk after the start of the intervention - No follow-up	MP added to therapy as usual may have effects on selectivity and ability of the arm and hand	–
Müller et al., 2007	Pre-set randomized controlled trial  N total: 17 N (EG): 6 N (CG): 6 N (CG): 5  Mean age, SD (years): N total: 62 ± 10  Mean time post-stroke, SD (days): Total: 28.7 ± 21.2	<i>MP added to therapy</i>  All groups: - 4 wk intervention period, 5x/wk 30 min therapy  Experimental group: MENTAL - First session: video-taped finger movement sequence execute movement until correct order was completed - Thereafter: short refreshment: by video followed by only mental rehearsal - Kinaesthetic and visual imagery were used  Experimental group: MOTOR - Perform training task with the effected hand  Control group: - Physical therapy	Primary outcome and primary outcome measure: - Jebsen Test (slope differences) - Pinch Grip (slope differences)  Timing: - 2-week pre-testing - 1-week post-testing 4 wk after the start of the intervention - No follow-up	No differences between the two experimental groups (MOTOR and MENTAL)  - Improvement within both experimental groups on all subscales for upper limb use - Significant differences between both the MOTOR and MENTAL groups on the one hand and the control group on the other in pinch grip and two subscales of the Jebsen Test ("writing" and "simulated feeding")	–
Li et al., 2009	Randomized controlled trial  N total: 35 N (EG): 18 N (CG): 17  Mean age, SD (years): EG: 70.8 ± 9.3 CG: 69.7 ± 7.4  Mean time post-stroke, SD (days): EG: 12.2 ± 5.1 CG: 12.3 ± 7.4	<i>MP embedded in therapy</i>  Both groups: - 3 wk 5x/week for 60 min: PT - 3 wk intervention period, 5x/wk for 60 min with either experimental or control intervention by an OT - Tasks: 15 trained functional tasks including household, cooking and shopping tasks, standardized for all patients of the experimental group - Each wk, 5 tasks with similar level of difficulty were covered, progressing from the easiest to the most difficult  Experimental group: - MP, 5x/wk 50 min - MP involved patients truncating, self-reflecting, feedback, mentally rehearsing combined with performing the activity - Kinaesthetic and visual imagery were used  Control group: - Control for attention; 5x/wk 50 min same case as MP - Use of a demonstration then practice method	Primary outcome measure: - Performance gains; measuring instrument not mentioned (NRS or Likert Scale)  Timing: - Pre-test, post-test 3 wk after the start of the intervention - No follow-up	MP had effect on most of the complex tasks trained: - In 4/5 trained tasks in familiar environment - In 3/5 trained and 2/3 untrained tasks in novel environment  MP might improve the execution of both trained and untrained tasks	Patients in the MP group seemed to be more able to form cognitive mapping of routes and plan actions in unfamiliar surroundings (effects on cognition)

Abbreviations: ADL, Activities of Daily Living; AFT, Arm Functional Test; ARAT, Action Research Arm Test; BBS, Berg Balance Scale; DI, Dexterity Index; CG, Control Group; CMSA, Chedoke-McMaster Stroke Assessment; CTT, Color Trails Test; EG, Experimental group; FAS, Functional Ability Scale; FMI, Fugl-Meyer assessment; h, hours; min, minutes; KVIQ, Kinaesthetic and Visual Imagery Questionnaire; MAL, Motor Activity Log; MI, Motor Imagery; MP, mental practice; NEADL, Nottingham Extended Activities of Daily Living; NHPT, Nine Hole Peg Test; NRS, Numeric Rating Scale; OT, Occupational Therapy; PT, Physiotherapy; RMI, Rivermead Mobility Index; R-MIQ, Revised-Movement Imagery Questionnaire; SD, Standard Deviation; UG, Lined Up and Go; UPDRS, Unified Parkinson's disease Rating Scale; VAS, Visual Analogue Scale; wk, weeks.

Study	Method/ population	Intervention	Measurement instruments, moments and follow-up on physical recovery	Conclusion with regard to the effects of MP on physical recovery	Effects reported on cognition or emotion Reported side-effects
Liu, 2009	Single-blind randomized controlled trial  N total: 34 N (EG): 17 N (CG): 17  Mean age, SD (years): EG: 70.4 ± 9.3 CG: 68.1 ± 10.9  Mean time post-stroke, SD (days): EG: 12.3 ± 5.3 CG: 12.3 ± 7.4	<i>MP added to therapy</i>  Both groups: - 3 wk daily PT for 60 min - 3 wk intervention period, 5x/wk for 60 min with either experimental or control intervention by an OT Tasks: 15 trained functional tasks including household, cooking and shopping tasks, standardized for all patients of the experimental group - Each wk, 5 tasks with similar level of difficulty were covered, progressing from the easiest to the most difficult  Experimental group: - MP: 5 x/wk 60 min of which 30 min actually performing the task - MP (30 min) involved self-reflecting and mental imaging - Kinaesthetic and visual imagery were used  Control group: - Control for attention, 5x/week for 60 min (same dose) - Use of a demonstration-then-practice method	Primary outcome measure: - 7-point Likert scale  Secondary outcome and secondary outcome measure: - FM - Cognitstat  Timing: - Pre-test, post-test 3 wk after the start of the intervention - No follow-up	MP had effect on most of the complex tasks trained: - In 3/5 trained tasks in primary outcome measures in familiar environment - In 5/5 trained tasks in novel environment  MP improved the execution of both trained and untrained tasks. This might indicate that patients in the experimental group were able to generalize learned skills to new situations better than the control group	No differences between groups were measured with the Cognitstat  Patients in the MP group seemed to be more able to form cognitive mapping of routes and plan actions in unfamiliar surroundings (effects on cognition)
Page et al., 2009	Randomized controlled trial  N total: 10 N (EG): 5 N (CG): 5  Mean age (years): EG: 58.4 (range: 48-72) CG: 64.4 (range: 50-79) Mean time post stroke (months): EG: 26.4 (range: 13-45) CG: 30.6 (range: 17-42)	<i>MP added to therapy</i>  Both groups: - 10 wk intervention period - Modified constrained-induced therapy (5 h/day, 5 days/wk) - 3 days/wk, 30 min therapy (functional activities)  Experimental group: - MP: 10 wk, directly after therapy (3 x/wk 30 min) by tape - 5 different tapes teach for 2 wk with activities of daily living (practiced in therapy) - Homework, daily cognitive rehearsal - Visual and/or kinaesthetic imagery (patients' preference) was used  Control group: - Therapy as usual - Tapes were self-administered - Homework on functionally assigned relevant activities was given	Primary outcome measure: - ARAT - FM (upper extremity)  Timing: - Pre-test twice, post-test 11 wk after the start of the intervention - Follow up 3 months after the start of the intervention	Larger score changes on the ARAT and FM in the experimental group compared to the control Differences between groups in favor of the experimental group at post-test but not at follow up on both the ARAT and FM  No test for significance was performed	-
Riccio et al., 2010	Randomized single-blind cross-over study  N total: 36 N (GA): 18 N (GB): 18  Mean age (years): GA: 60.17 (range: 34-75) GB: 60.05 (range: 32-75)  Mean time post-stroke (weeks): GA: 7.33 (range: 4-12) GB: 7.44 (range: 4-12)	<i>MP added to therapy</i>  Both groups: - 6 wk intervention period conventional neurorehabilitation 5x/wk, 3 h/day  Experimental group A: - First 3 weeks only conventional neurorehabilitation - Second 3 weeks MP: 1 x/wk 60 min (twice a day 30 min) - MP in a separate quiet room: involved relaxation and listening to an audio CD - Activities of the upper limbs, like placing the forearm on the table, were imagined - Kinaesthetic imagery was used  Experimental group B: - First 3 weeks MP: 1 x/wk 60 min (twice a day 30 min) - MP in a separate quiet room: involved relaxation and listening to an audio CD - Activities of the upper limbs, like placing the forearm on the table, were imagined - Kinaesthetic imagery was used - Second three weeks only conventional neurorehabilitation	Primary outcome measure: - MI (upper limb) - AFT (FAS and time in s)  Timing: - Pre-test, in-between-assessment 3 wk (before cross-over) and post test 6 wk after the start of the intervention - No follow-up	Group B improved statistically significantly more on all tests at the in-between-assessment At post-test, after group A received MP too, no differences between groups existed anymore	-
Bovens/Eerdt et al., 2010	Single blind randomized controlled trial  N total: 30 N (EG): 15 N (CG): 15  Mean age, SD (years): EG: 62.3 ± 11.7 CG: 50.6 ± 16.4 Mixed population: - Stroke: 14 (EG)/14 (CG) TBI: 0 (EG)/1 (CG) - MS: 1 (EG)/0 (CG)  Mean time since onset, SD (weeks): EG: 18.0 ± 17.25 CG: 21.8 ± 15.17	<i>MP embedded in therapy</i>  Both groups: - Standard physical and occupational therapy as usual - 5 weeks intervention period - Homework: from the second half of the intervention period both groups were encouraged to practice at home for at least 5 min/day  Experimental group: - MP integrated in therapy - At least 3 x/week for first 2 weeks and 2 x/weeks for the last 2 weeks (total time imagery ~6.5 h) - A framework for imagery was used - Therapists were trained to teach and monitor MP - Kinaesthetic and visual imagery were used  Control group: - Therapy as usual - Control for attention (same dose)	Primary outcome measure: - Goal attainment scale  Secondary outcome measure: - BI - RMI - TUG - NEADL - ARAT - A custom-developed questionnaire (Imagery Questionnaire) on patient's confidence and perceived effort  Timing: - Pre-test, post-test 6 wk after the start of the intervention - Follow-up 12 wk after the start of the intervention	No conclusion: Compliance of therapists and patients was too low	-

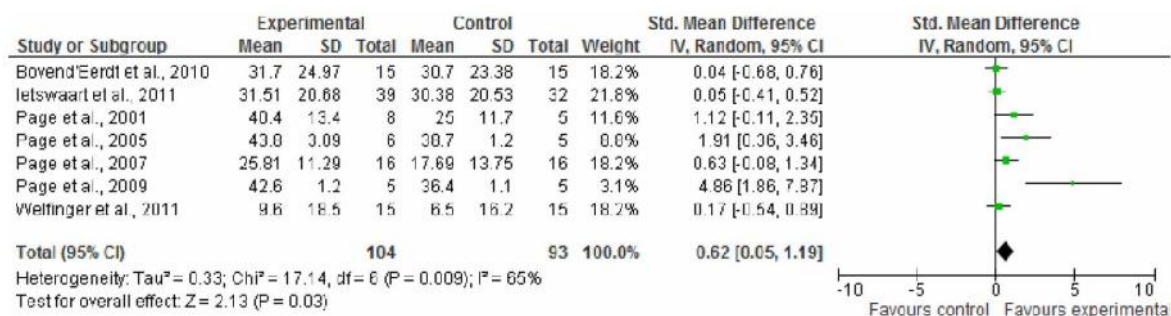


Study	Method/ population	Intervention	Measurement instruments, moments and follow-up on physical recovery	Conclusion with regard to the effects of MP on physical recovery	Effects reported on cognition or emotion Reported side-effects
Ietswaart et al., 2011	Randomized controlled trial  N total: 121 N (EG): 38 N (placebo CG): 31 N (normal care CG): 32  Mean age (years): EG: 68.3 Placebo CG: 68.6 Normal care CG: 61.1  Mean time post-stroke, SD (days): EG: 60.2 ± 55.0 Placebo CG: 90.8 ± 63.4 Normal care CG: 80.5 ± 62.7	<i>MP added to therapy</i>  All groups: - Therapy as usual - 4 weeks of intervention period, 3x/wk, 45 min  Experimental group: - MP: 45 min: 30 min actively imagining (elementary movements, ADL), 15 min active motor imagery (using mirrors and videos), 5 min for a cover: form of motor imagery activity (mentally rotating pictures of hands) - Kinaesthetic imagery was used  Attention-placebo control group: - Placebo: 40 min; 25 min active visual and sensory imagery, 15 min cognitive inhibition, 5 min watching optical illusions of motion - Control for attention (same dose)  Normal care control group: - Therapy as usual	Primary outcome measure: - ARAT  Secondary outcome measure: - Grip strength, hand-function BI - Dynamometer, manual dexterity performance - Modified functional limitation profile  Timing: - Pre-test, post-test 6 wk after baseline - No Follow-up	No effects were found on any outcome measure  An added mental practice intervention has similar effects to controlled therapy as usual	-
Welfringer et al., 2011	Randomized controlled trial  N total: 30 N (EG): 15 N (CG): 15  Mean age, SD (years): EG: 58.3 ± 11.2 CG: 57.1 ± 11.3  Mean time post-stroke, SD (months):  EG: 3.2 ± 1.5 CG: 3.4 ± 2.6	<i>MP added to therapy</i>  Both groups: - Standardized rehabilitation 4x/wk, 45 min - 3 weeks intervention period  Experimental group: - MP added to therapy - Two daily half-hour sessions (total 28–30 sessions) - Relaxation, followed by mental practice of positions of the contralateral upper limb: four positions and six sequences (simple and complex movements) - Each exercise up to 10 repetitions - Kinaesthetic imagery was used  Control group: - No supplementary intervention	Primary outcome measure: - Neglect tests: bells cancellation test, drawing test, and text-reading task  Secondary outcome measures: - Representation test (adapted): R-MIQ - Arm-Hand-Function tests: ARAT and sensation functions  General effort to complete a MP session: NRS (1–10)  Timing: - Pre-test, post-test 3 wk after the start of the intervention - No follow-up	MP had significant effects for the drawing test and the sensation functions only  Overall test results ambiguous  Self-perceived benefits of patients high	Negative reported side-effect: - diminished concentration capacity and signs of tiredness at the end training sessions  Positive reported side-effects: - all patients reported sensations in the left arm during imagery - Increased awareness of the left arm
Braun et al., 2012	Multicentre randomized controlled trial  N total: 36 N (EG): 18 N (CG): 18 Mean age, SD (years): EG: 77.7 ± 7.2 CG: 77.8 ± 7.4  Mean time post-stroke, SD (weeks): EG: 6.1 ± 2.7 CG: 4.8 ± 3.3	<i>MP embedded in therapy</i>  Both groups: - 6 wk intervention period - 6 wk physical therapy according Dutch multidisciplinary guidelines for stroke rehabilitation - Task: drinking from a cup, walking (standardized) - Optional tasks: self-selected arm and leg activities  Experimental group: - MP: 6 wk, 5x/wk 30 min - MP was given according to a 4-step framework involving explaining and developing imagery techniques before applying them - Visual and/or kinaesthetic imagery (patients' preference) was used  Control group: - Therapy as usual - Control for attention: homework (same dose)	Primary outcome measure: - Numeric Rating Scale (1–10), patients' and therapists' perceived effect on performance of daily activities  Secondary outcome measure: - MI - NHPT - DGS - R - 10 m-walking test - RMI  Timing: - Pre-test, post-test 6 wk after the start of the intervention - Follow-up 6 months after the start of the intervention	No differences between groups short or long-term  An embedded mental practice intervention in therapy as usual in nursing home residents has similar effects as therapy as usual in which there was control for attention	Positive side-effect: - Increased feeling of autonomy  Negative side-effect: - MP costs too much effort to perform (drop out)
Schuster et al., 2012	Randomized controlled trial  N total: 39 N (EG1): 13 N (EG2): 12 N (CG): 14  Mean age, SD (years): EG1: 65.8 ± 10.2 EG2: 69.7 ± 13.0 CG: 64.4 ± 8.8  Mean time post-stroke, SD (years): EG1: 2.9 ± 1.9 EG2: 4.3 ± 3.6 CG: 3.5 ± 3.9	<i>MP added to or embedded in therapy</i>  Both groups: - 2 weeks of intervention period - physiotherapy: 9 sessions 25–30 min  Experimental 1 group (embedded): - MP was embedded in the six sessions - Total intervention time: 45–60 min - PETT-EP framework was used: physical/emotion, timing, environment, task/learning/perspective - Complete motor task was divided into its 13 stages - Each part was imagined before physical performance - Kinaesthetic and visual imagery were used  Experimental 2 group (added): - MP by tape: 3.5 min relaxation, 14.5 min MP, 2 min refocusing - Total intervention time: 45–50 min - Kinaesthetic and visual imagery were used  Control group: - Physiotherapy - Control for attention: tape, 17 min; 3.5 min relaxation, 11.5 min information about stroke, 2 min refocusing	Primary outcome measure: - Time difference in seconds to perform the motor task from pre- to post-intervention  Secondary outcome measures: - Time needed to perform the task using CMSA  Achieved stage of motor task: - BI - BBS - Computer-based Inaprox questionnaire - KVIQ - Activities-Specific Balance Confidence Scale, intrinsic motivation evaluated in patient's diary  Timing: - Twice at baseline, before intervention, post-test 2 wk after the start of the intervention - Follow-up after 2 wk	No between group differences were found  A mental practice intervention embedded in or added to therapy as usual has similar effects as therapy as usual	Logs were used but showed no side-effects or effects outside of the physical domain

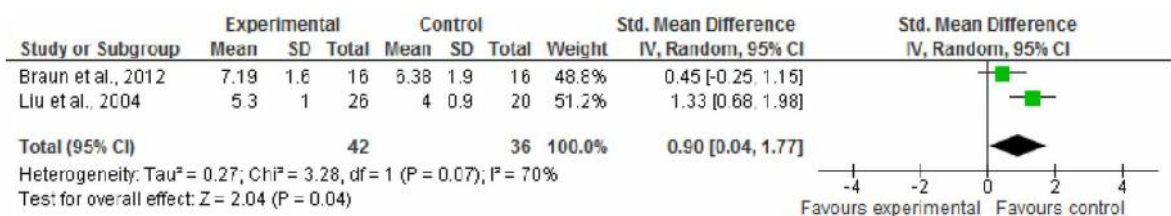
Abbreviations: ADL, Activities of Daily Living; AFT, Arm Functional Test; ARAT, Action Research Arm Test; BBS, Berg Balance Scale; BI, Barthel Index; CG, Control Group; CMSA, Chedoke-McMaster Stroke Assessment; CTT, Color Trails Test; EG, Experimental Group; FAS, Functional Ability Scale; FM, Fugl-Meyer assessment; h, hours; min, minutes; KVIQ, Kinesesthetic and Visual Imagery Questionnaire; MAL, Motor Activity Log; MI, Motricity Index; MP, mental practice; NEACL, Nottingham Extended Activities of Daily Living; NHPT, Nine Hole Peg Test; NRS, Numeric Rating Scale; OT, Occupational Therapy; PT, Physiotherapy; RMI, Rivermead Mobility Index; R-MIQ, Revised-Movement Imagery Questionnaire; SD, Standard Deviation; TUG, Timed Up and Go; UPDRS, Unified Parkinson's Disease Rating Scale; VAS, Visual Analogue Scale; wk, weeks.



Risultati per l'Action Research Arm Test sul breve periodo; effetto significativo sul breve periodo, sul lungo periodo non si hanno dati ( Braun et al. (2013)).<sup>15</sup>



Risultati su attività funzionali valutate mediante Numeric Rating Scale sul breve periodo; effetto marginalmente significativo sul breve periodo, sul lungo periodo non si hanno dati (Braun et al. (2013)).<sup>15</sup>



Li et al (2017),<sup>16</sup> nella loro revisione della letteratura e meta-analisi includente diciassette RCT riguardanti l'effetto della motor imagery sulle funzioni di cammino ed equilibrio in pazienti a seguito di stroke, hanno confrontato studi in cui il gruppo sperimentale svolgeva, affiancata all'immaginazione mentale, tradizionale attività riabilitativa e il gruppo di controllo che svolgeva unicamente questo tipo di pratica.

Le scale di valutazione adoperate dai differenti studi sono molto eterogenee: nove studi ( Li et al. (2015), Zhu et al. (2014), Wang et al. (2014), Cho et al. (2013), Kim et al. (2013), Wu et al. (2013), Zhu et al. (2012), Lin et al. (2011), Xu et al. (2010)) hanno misurato le capacità di deambulare con la Functional Ambulation Categories (FAC), la Functional Reach Test (FRT), la 10 m maximum walking speed (10mMWS), la 5 m maximum back-andforth walking speed (5mMBFWS) e la 6 min walking test (6MWT); undici studi (Yang et al. (2016), Cao et al. (2015), Cho et al. (2013), Kim et al. (2013), Vijaia et al. (2013), Wu et al. (2013), Hosseini et al. (2012), Braun et al. (2012), Zhu et al. (2012), Liu et al. (2011), Verma et al. (2011)) hanno valutato l'equilibrio con la Berg Balance Scale (BBS), la Time Up and Go test (TUG), la Korean version of Berg Balance Scale (K-BBS), la maximal percentage in limb loading on affected limb (MPL), la balance subscale of FugleMeyer (FM-B), la lower-extremity FugleMeyer (FMA-L) e la FugleMeyer assessment (FMA).

I risultati della meta-analisi mostrano che, nel gruppo sperimentale, vi è un significativo miglioramento delle abilità correlate al cammino e nella funzione motoria degli arti inferiori rispetto al gruppo di controllo. Invece, per quanto riguarda l'equilibrio nei pazienti a seguito di ictus, il trattamento con motor imagery non porta a significativi miglioramenti rispetto al trattamento tradizionale.

L'eterogeneità degli studi rende complicato il giungere a conclusioni certe.

Tabella con i risultati della meta-analisi di **Li et al. (2017)**.<sup>16</sup>

Outcomes and subgroup	Trials	Participants	Statistical method	Effect estimate	P
<b>Comparison of MI with Different Treatments</b>					
MI + routine rehabilitation treatment vs. routine rehabilitation treatment	15				
Walking abilities	9	389	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.69 [0.38, 1.00]	$P < 0.0001$
Balance	11	430	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.81 [-0.03, 1.65]	<b><math>P = 0.06</math></b>
Motor function of lower extremities	6	307	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.84 [0.45, 1.22]	$P < 0.0001$
MI + task-oriented circuit class training vs. standard training program	1	30	NR	NR	NR
MI vs. muscle relaxation therapies	1	44	NR	NR	NR
<b>Different durations of MI</b>					
Short-term intervention (0 to < 6 w)	4				
Walking abilities	2	48	Std. Mean Difference (IV, Fixed, 95% CI)	0.83 [0.24, 1.42]	$P = 0.006$
Balance	2	54	Std. Mean Difference (IV, Fixed, 95% CI)	4.67 [2.89, 6.46]	$P < 0.00001$
Long-term intervention ( $\geq 6$ w)	13				
Walking abilities	9	415	Std. Mean Difference (IV, Fixed, 95% CI)	0.45 [0.25, 0.64]	$P < 0.00001$
Balance	8	358	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.82 [-0.27, 1.90]	<b><math>P = 0.14</math></b>
Motor function of lower extremities	7	351	Std. Mean Difference (IV, Random, 95% CI)	0.72 [0.31, 1.12]	$P = 0.0005$

Tabella degli studi presi in considerazione da **Li et al. (2017)**, con le caratteristiche degli RCT.<sup>16</sup>

Study and setting	Stroke type (Ischemic/Hemorrhagic)	Paretic side (Right/Left)	Time since onset	Participants	Intervention	Main outcomes and findings*
Yang et al., 2016 [21] hospital, China	T: 11/14, C: 10/15	T: 11/14, C: 12/13	(m) T: $2.3 \pm 1.5$ C: $2.9 \pm 1.1$	T (n = 25): M/F = 14/11, Age (years) = $51.9 \pm 10.3$ C (n = 25): M/F = 12/13, Age (years) = $53.7 \pm 8.5$	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 20 min daily training session for 8 w	BBS (++)
Costra et al., 2015 [22] hospital, Belgium	T: 7/0, C <sub>1</sub> : 7/0, C <sub>2</sub> : healthy subjects	T: 4/3, C <sub>1</sub> : 4/3, C <sub>2</sub> : NR	(m) T: $4.7 \pm 3.1$ C <sub>1</sub> : $3.6 \pm 2.0$ C <sub>2</sub> : NR	T (n = 21): M/F = 15/6, Age (years) = $50.3 \pm 12.8$ C <sub>1</sub> (n = 23): M/F = 14/9, Age (years) = $53.7 \pm 12.0$ C <sub>2</sub> (n = 27): M/F = 14/13, Age (years) = $47.3 \pm 12.3$	T: MI + standard rehabilitation training C <sub>1</sub> : Muscle relaxation therapies + standard rehabilitation training C <sub>2</sub> : NR Duration: 30 min daily training session for 6 w	10mMWS (++) FMA-L (+)
Li et al., 2015 [23] rehabilitation center, China	T: 8/16, C: 11/14	T: 11/13, C: 13/12	(d) T: $27.2 \pm 7.5$ C: $27.3 \pm 7.3$	T (n = 24): M/F = 15/9, Age (years) = $57.4 \pm 11.7$ C (n = 25): M/F = 14/11, Age (years) = $57.3 \pm 10.1$	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 20 min training session 5 d/w for 8 w	FMA-L (++) FAC (++) 6MWT (++)
Cao et al., 2015 [24] hospital, China	NR	NR	NR	T: (n = 30): M/F = 19/11, Age (years) = $50.46 \pm 8.41$ C (n = 30): M/F = 21/9, Age (years) = $51.75 \pm 7.62$	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 15–20 min training sessions six times/w for 6 w	BBS (++)

Study and setting	Stroke type (Ischemic/Hemorrhagic)	Paretic side (Right/Left)	Time since onset	Participants	Intervention	Main outcomes and findings*
Zhu et al., 2014 [25] hospital, China	NR	T: 8/7, C: 6/9	(d) T: 55.2 ± 48.52 C: 89.67 ± 67.79	T (n = 15): M/F = 11/4, Age (years) = 67.93 ± 11.91 C (n = 15): M/F = 10/5, Age (years) = 67.33 ± 12.14	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 20 min training session 12 times/w for 6 w	10mMWS (+)
Wang et al., 2014 [26] hospital, China	T: 30/10, C: 27/13	T: 16/24, C: 20/20	(m) T: 3.03 ± 1.23 C: 2.80 ± 1.14	T (n = 40): M/F = 18/22, Age (years) = 59.43 ± 8.77 C (n = 40): M/F = 21/19, Age (years) = 58.55 ± 7.47	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 25 min training session six times/w for 6 w	10mMWS (++) FMA-L (++) FAC (++)
Cho et al., 2013 [27] outpatient rehabilitation center, Korea	T: 8/7, C: 8/5	T: 8/7, C: 8/5	(m) T: 44.67 ± 19.19 C: 45.54 ± 16.71	T (n = 15): M/F = 9/6, Age (years) = 53.93 ± 12.50 C (n = 13): M/F = 8/5, Age (years) = 53.85 ± 12.44	T: MI + gait training (routine methods of treatment or training in the study site) C: Gait training (routine methods of treatment or training in the study site) Duration: 30 min training session thrice/w for 6 w	TUG (++) FRT (++) 10mMWS (++) FMA-L (++)
Kim et al., 2013 [28] hospital, Korea	T: 5/4, C <sub>1</sub> : 5/4, C <sub>2</sub> : 7/2	T: 5/4, C <sub>1</sub> : 6/3, C <sub>2</sub> : 3/6	(m) T: 7.3 ± 0.7 C <sub>1</sub> : 8.3 ± 3.3 C <sub>2</sub> : 8.5 ± 3.6	T (n = 9): M/F = 6/3, Age (years) = 54.8 ± 8.8 C <sub>1</sub> (n = 9): M/F = 7/2, Age (years) = 55.3 ± 12.1 C <sub>2</sub> (n = 9): M/F = 7/2, Age (years) = 59.8 ± 8.9	T: MI training + physical training (routine methods of treatment or training in the study site) C <sub>1</sub> : Action observation training – physical training (routine methods of treatment or training in the study site) Duration: 20 min training session five times/w for 4 w	TUG (+) FRT (+) FAC (+)
Vijaya et al., 2013 [29] hospital, India	T: 9/3, C: 6/6	T: 4/8, C: 5/7	(m) T: 12 ± 4.8 C: 15 ± 2.5	T (n = 12): M/F = 8/4, Age (years) = 62 ± 5.2 C (n = 12): M/F = 9/3, Age (years) = 58 ± 4.5	T: MI + task orientated training (routine methods of treatment or training in the study site) C: Task-oriented training (routine methods of treatment or training in the study site) Duration: 15 min training session 6 d/w for 3 w	BBS (++)
Wu et al., 2013 [30] hospital, China	NR	NR	(d) T: 43.56 ± 7.53 C: 41.21 ± 8.23	T (n = 20): M/F = 12/8, Age (years) = 51.24 ± 10.53 C (n = 20): M/F = 11/9, Age (years) = 53.41 ± 11.43	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 15 min training session daily for 6 w	MPL (++) 5mMBFWS (++) BBS (-) FMA-L (+)
Hosseini et al., 2012 [31] rehabilitation center, Iran	NR	NR	(m) T: 17.6 ± 7.19 C: 21.0 ± 7.75	T (n = 15), Age (years) = 48.4 ± 10.12, C (n = 15), Age (years) = 47.7 ± 11.07	T: MI + current therapy (routine methods of treatment or training in the study site) C: Current therapy (routine methods of treatment or training in the study site) Duration: 15 min training session 3 d/w for 5 w Follow-up: 2 w after therapy	TUG (++) BBS (++)
Braun et al., 2012 [32] nursing homes, Netherlands	NR	T: 9/6, Central/ stam = 3, C: 8/9, Central/ stam = 1	(w) T: 6.1 ± 2.7 C: 4.8 ± 3.3	T (n = 18): M/F = 5/13, Age (years) = 77.7 ± 7.2 C (n = 18): M/F = 9/9, Age (years) = 77.0 ± 7.4	T: MI + multi professional therapy (routine methods of treatment or training in the study site) C: Multi professional therapy (routine methods of treatment or training in the study site) Duration: 6 w Follow up: 6 m after start of intervention period	BBS (-)
Zhu et al., 2012 [33] hospital, China	T: 23/17, C: 25/15	T: 17/23, C: 18/22	(d) T: 17.5 ± 10.5 C: 18.7 ± 10.5	T (n = 40): M/F = 25/15, Age (years) = 56.7 ± 14.3 C (n = 40): M/F = 24/16, Age (years) = 57.6 ± 15.7	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: Two 25 min training session each day, 6 d/w for 8 w	FMA (++) FM-B (++) FAC (++)

T: intervention group; C: control group; C<sub>1</sub>: first control group; C<sub>2</sub>: second control group; MI: motor imagery; NR: not reported; m: month; w: week; d: day; BBS: Berg Balance Scale; K-BBS: Korean version of Berg Balance Scale; FM-8: balance subscale of Fugl-Meyer; FMA-L: lower-extremity Fugl-Meyer; FAC: Functional Ambulation Categories; TUG: Timed Up and Go test; FRT: Functional Reach Test; 6MWT: 6 min walking test; 10mMWS: 10 m fastest walking speed; 5mMBFWS: 5 m maximum back-and-forth walking speed; MPL: maximal percentage in limb loading on affected limb; "+/-" indicates that the study outcome in the MI group was better than in the comparison group with statistically significant difference ( $P < 0.05$ ); "+" means that trend of study outcome leaned toward MI but presented no statistically significant significance ( $P > 0.05$ ); "0" signifies that no difference was observed between MI and comparison groups ( $P > 0.05$ ); "-" means that the study outcome in the comparison group was better than in the MI group without statistically significant difference ( $P > 0.05$ ); and "\*" specifies that the study outcome in the comparison group was better than in the MI group with statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) [19]. \*\*: No clear information regarding the inclusion of routine methods of treatment or training was reported in the study and the first author of this study [36] responded that there was no particular limit for the use of routine methods of treatment or care in the control group. However, based on the actual situation of routine clinical practice for stroke care in China, any hospitalized stroke patients are required to receive a series of standard care procedures including routine health education, nutritional support and basic rehabilitation training. Therefore, it was judged that all the patients in this study [36] were provided with routine methods of treatment or training.



Study and setting	Stroke type (Ischemic/Hemorrhagic)	Paretic side (Right/Left)	Time since onset	Participants	Intervention	Main outcomes and findings*
Xie et al., 2011 [34] hospital, China	T: 9/4, C: 11/6	NR	(d) T: 31.31 ± 7.33 C: 33.47 ± 10.01	T (n = 13): M/F = 10/3, Age (years) = 52.77 ± 11.16 C (n = 17): M/F = 13/4, Age (years) = 53.59 ± 12.17	T: MI + routine methods of treatment or training C: Routine methods of treatment or training Duration: 15 min training session daily for 6 w	MPL (++) 5mMBFWS (++) BBS (0) FMA-L (++)
Verma et al., 2011 [35] hospital, India	T: 11/4, C: 12/3	T: 8/7, C: 7/8	(w) T: 6.07 ± 3.30 C: 6.60 ± 3.20	T (n = 15): M/F = 10/5, Age (years) = 53.27 ± 8.53 C (n = 15): M/F = 12/3, Age (years) = 55.07 ± 6.80	T: MI + task oriented circuit class training C: Standard training program Duration: 15–20 min training session daily for 2 w Follow up: 5 w after baseline	10mMWS (++) GMWT (++)
Xu et al., 2010 [36] hospital, China	T: 14/4, C: 12/4	T: 10/8, C: 8/8	(d) T: 56.6 ± 14.4 C: 57.8 ± 16.2	T (n = 18): M/F = 9/9, Age (years) = 59.7 ± 8.7 C (n = 16): M/F = 7/9, Age (years) = 61.3 ± 8.0	T: MI + routine methods of treatment or training** C: Routine methods of treatment or training** Duration: Two 30 min training session each day, 5 d/w for 6 w Follow-up: 12 w after baseline	10mMWS (++)
Lee et al., 2015 [37] hospital, Korea	T: 15/3, C: 15/3	T: 9/9, C: 7/11	(m) T: 11.5 ± 1.58 C: 11.61 ± 2.28	T: (n = 18): M/F = 9/9, Age (years) = <65/≥65 = 14/4, C (n = 18): M/F = 11/7, Age (years) = <65/≥65 = 14/4	T: MI + proprioceptive training (routine methods of treatment or training in the study site) C: Proprioceptive training (routine methods of treatment or training in the study site) Duration: 5 min training sessions five times/week for 8 w	K-BBS (++) TUG (++)

T: intervention group; C: control group; C<sub>1</sub>: first control group; C<sub>2</sub>: second control group; MI: motor imagery; NR: not reported; m: month; w: week; d: day; BBS: Berg Balance Scale; K-BBS: Korean version of Berg Balance Scale; FM-8: balance subscale of Fugl-Meyer; FMA-L: lower-extremity Fugl-Meyer; FAC: Functional Ambulation Categories; TUG: Timed Up and Go test; FRT: Functional Reach Test; 6MWT: 6 min walking test; 10mMWS: 10 m fastest walking speed; 5mMBFWS: 5 m maximum back-and-forth walking speed; MPL: maximal percentage in limb loading on affected limb; \* "+" indicates that the study outcome in the MI group was better than in the comparison group with statistically significant difference ( $P < 0.05$ ); "+" means that trend of study outcome leaned toward MI but presented no statistically significant significance ( $P > 0.05$ ); "0" signifies that no difference was observed between MI and comparison groups ( $P > 0.05$ ); "-" means that the study outcome in the comparison group was better than in the MI group without statistically significant difference ( $P > 0.05$ ); and \* "-" specifies that the study outcome in the comparison group was better than in the MI group with statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) [19]. \*\*: No clear information regarding the inclusion of routine methods of treatment or training was reported in the study and the first author of this study [36] responded that there was no particular limit for the use of routine methods of treatment or care in the control group. However, based on the actual situation of routine clinical practice for stroke care in China, any hospitalized stroke patients are required to receive a series of standard care procedures including routine health education, nutritional support and basic rehabilitation training. Therefore, it was judged that all the patients in this study [36] were provided with routine methods of treatment or training.

Nella revisione sistematica di Braun et al. (2006)<sup>18</sup>, riguardante l'effetto della pratica mentale nella riabilitazione a seguito di ictus, sono stati presi in esame 10 studi.

I gruppi di controllo sono prevalentemente caratterizzati da attività riabilitative tradizionali, quelli sperimentali da attività tradizionali affiancate a pratica mentale nella medesima seduta (senza incremento del tempo dedicato alla riabilitazione), da pratica mentale svolta in aggiunta alla seduta terapeutica o dalla sola pratica mentale.

Nel gruppo sperimentale l'intervento ha spaziato da attività semplici, quali bere un bicchiere d'acqua, ad attività complesse, quali compiti casalinghi.

Le scale di valutazione più utilizzate sono state la FMSA (Page et al. (2000, 2001a, 2001b), Liu et al. (2004a, 2004b)) e la ARAT (Page et al. (2001a, 2001b, 2005)).

I risultati ottenuti riportano che, su dieci studi, tre non individuano differenze significative tra il gruppo sperimentale e quello di controllo. In particolare, Dijkerman et al. (2004) non avrebbero trovato alcuna differenza per quanto riguarda l'effetto sui compiti motori e Liu

18 Susy M. Braun, MSc, Anna J. Beurskens, PhD, Paul J. Borm, PhD, Thomas Schack, PhD, Derick T. Wade, MD; The Effects of Mental Practice in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review; Arch Phys Med Rehabil 2006; Vol 87.

et al. (2004a, 2004b) non avrebbero identificato alcun significativo miglioramento per ciò che concerne la scala di valutazione FMSA.

Secondo gli autori, ci sarebbe qualche evidenza che la pratica mentale, come terapia addizionale, abbia effetti sul recupero post-stroke. In particolare, sembrerebbero esserci effetti sul recupero della funzionalità per gli arti superiori e inferiori sul breve periodo, ma poco si sa sull'effetto a lungo termine e una generalizzazione dei risultati pare essere ancora impossibile.

Tabella degli studi presi in considerazione da Braun et al. (2006), con caratteristiche degli RCT. <sup>18</sup>

Study	Method/Population	Intervention Mental Imagery Task	Measurement Instruments Moments and Follow Up and Outcome
Page <sup>47</sup>	RCT N=16 n=8 experimental group n=8 control group • All men • Mean age, 63.2y (range, 4y) • Chronic phase (>6mo; average time poststroke, 1.8y)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MP by tape</li> <li>• <b>Experimental group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thrice weekly imagery by tape</li> <li>- Content tape: 5min relaxation, 10min MP, 5min refocusing</li> </ul> </li> <li>• <b>Control group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- General information on stroke by tape (same dose as intervention MP)</li> </ul> </li> <li>• Both groups received OT apart from MP, 4-wk intervention period</li> <li>• Task: Functional movements of ADLs using affected arm chosen from the content of the OT</li> <li>• MP tasks were <u>tailored</u> to the patients' abilities and preferences</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physical functioning:</b> FMA</li> <li>• Twice a pre- and once a posttest after 4wk therapy</li> <li>• No follow-up</li> <li>• Significant differences on FMA outcome between groups in favor of MP group</li> <li>• Effect size = 1.39</li> </ul>
Page et al <sup>48</sup>	RCT N=13 n=8 experimental group n=5 control group • Men, women • Mean age, 64.6y • Subacute to chronic phase (range, 4wk-1y; average time poststroke, 6.5mo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MP by tape</li> <li>• <b>Experimental group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daily imagery by tape; 3x/week at home, 2x/week in the clinic</li> <li>- Content tape: 2-3min relaxation, 7min MP of ADLs, 2min refocusing</li> </ul> </li> <li>• <b>Control group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- General information on stroke by tape (same dose as intervention MP)</li> </ul> </li> <li>• Both groups received OT apart from MP, 6-wk intervention period</li> <li>• Task: Functional movements of ADLs using affected arm, <u>standardized</u> for all patients of the experimental group</li> <li>• Three versions, 1 for every 2wk (reaching for and grasping a cup or object, turning a page in a book, proper use of a pencil or pen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physical functioning:</b> FMA, ARAT</li> <li>• Twice a pretest and once a posttest after 6wk therapy</li> <li>• No follow-up</li> <li>• Decrease of impairment (FMA improvement in MP group +13.8 vs +2.9 in control group)</li> <li>• Functional arm improvement (ARAT improvement in MI group +16.4 vs +0.7 in experimental group)</li> </ul>
Dijkerman et al <sup>49</sup>	CCT N=20 n=10 experimental group n=5 control group n=5 control group 2 • Men, women • Mean age, 64y • Chronic phase (range, 1-4y; average time poststroke, 7y)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MP by observation then visualization</li> <li>• <b>Experimental group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MP daily at home</li> <li>- Rehearsing motor task mentally 3x a day in succession</li> </ul> </li> <li>• <b>Control group 1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehearsing a set of pictures: visual task (same dose as experimental group)</li> </ul> </li> <li>• <b>Control group 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No imagery</li> </ul> </li> <li>• No physical or occupational therapy, 4-wk intervention period</li> <li>• Task: moving blocks and buttons with affected arm, <u>standardized</u> for all patients of the experimental group</li> <li>• MP at home</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physical functioning:</b> Motor training tasks, peg board, dynamometer; ADLs: Barthel Index, modified FLP</li> <li>• <b>Somatosensory functions:</b> Position sense</li> <li>• Perceived personal control over recovery: RLOC, structured interview</li> <li>• <b>Attention control:</b> TOCA; <b>Emotional distress:</b> IADG</li> <li>• Once a pre- and once a posttest after 4wk therapy</li> <li>• No follow-up</li> <li>• No differences between control group 1 and 2</li> <li>• MP subject improvement was greater on training task only if analysis took place without 2 outliers</li> <li>• Otherwise no main effect on motor task between groups nor between subject variables</li> <li>• No effect on perceived or attention control</li> <li>• No generalization effect</li> </ul>
Liu et al <sup>50</sup>	RCT N=48 n=28 experimental group n=20 control group • Men, women • Mean age, 71.0y (control) / 72.7y (experimental) • Acute phase (range, 7-27d)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MP by self-regulation principles and imagery processes</li> <li>• <b>Experimental group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daily imagery</li> <li>- First week: analyzing task sequences (motor planning)</li> <li>- Second week: problem identification through MI</li> <li>- Third week: practicing</li> </ul> </li> <li>• <b>Control group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daily OT conventional functional retraining program</li> <li>- Same dose as intervention MP</li> </ul> </li> <li>• Both groups received OT, in the experimental group OT was combined with MP, 3-wk intervention period</li> <li>• Task: 15 trained functional tasks including household, cooking and shopping tasks, <u>standardized</u> for all patients of the experimental group</li> <li>• First week: easy tasks such as laundry folding, third week: shopping, taking transportation</li> <li>• Patients were trained in MP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physical functioning:</b> 3 subtests of the FMA</li> <li>• <b>Performance on task:</b> 7-point Likert scale; <b>Attention control:</b> CTT</li> <li>• Improved competence in performing the trained tasks and 6 new ones (carrying over effect)</li> <li>• Once a pre- and once a posttest after 3wk therapy</li> <li>• Follow up: 1mo afterward: the 6 tasks of the 3rd week and 6 new ones</li> <li>• No significant differences for FMA and CTT</li> <li>• Significantly better results for MP group on trained and untrained physical skills after 3wk and at follow-up</li> </ul>
Page et al <sup>51</sup>	RCT N=11 n=8 experimental group n=5 control group • Men, women • Mean age 52.3y (range, 53-71y) • Chronic phase (range, 15-48mo; average time poststroke, 23.8mo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MP by tape</li> <li>• <b>Experimental group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daily imagery by tape, of which 2x/wk in the clinic</li> <li>- Content tape: 5min relaxation, 20min MP, 3-5min refocusing</li> </ul> </li> <li>• <b>Control group</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relaxation techniques (same dose as intervention MP)</li> </ul> </li> <li>• Both groups received OT apart from MP, 6 wk intervention period</li> <li>• Task: Functional movements of ADLs using affected arm, <u>standardized</u> for all patients of the experimental group</li> <li>• Three versions, 1 for every 2wk (reaching for and grasping a cup or object, turning a page in a book, proper use of a pencil or pen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physical functioning:</b> ARAT</li> <li>• <b>Quality and frequency of use more affected arm:</b> MAL</li> <li>• Twice a pre- and once a posttest after 4wk therapy</li> <li>• No follow-up</li> <li>• Functional arm improvement (ARAT improvement in MP group +10.7 vs -4.6 in experimental group)</li> <li>• Increase of arm use in MP group as rated by patients (1.55) and caregivers (1.66) and increase of rating of quality of movement (2.33 and 2.15, respectively)</li> </ul>

Study	Method/Population	Intervention Mental Imagery Task	Measurement Instruments Measures and Follow-Up and Outcome
Crosbie et al <sup>59</sup>	Patient series N=10 • Men, women • Range, 45–81y • Acute and chronic phase (10–176d poststroke)	• MP combined with overt movement - Experimental group • Therapy as usual + daily MP sessions (structured by repetitions not time) • Rehearsing reach and grasp tasks • Two-week intervention period • Task: reaching and grasping a cup • MP tasks were <u>standardized</u> for all patients • MP by self-regulation principles and imagery processes • Experimental group - Daily imagery - First week: analyzing task sequences (motor planning) - Second week: problem identification through MI - Third week: practicing, OI was combined with MP • Three-week intervention period • Task: 15 trained functional tasks incl. household, cooking and shopping tasks, <u>standardized</u> for all patients • First week: easy tasks such as laundry folding, third week: shopping, taking transportation • Patients were trained in MP • MP by tape • Experimental - Imagery by tape: 2x at home, 2x in the clinic - Content tape: 2–5min relaxation, 10min MP, 3min of refocusing - OT 3x a week for 1h • Six-week intervention period ADLs using affected arm, <u>standardized</u> • Three versions: 1 for every 2wk (reaching for a cup, turning a page, grasping from a high shelf) • OT 3x a week for 1h	• Physical functioning: MIS • Two weeks baseline assessment, 1wk after ending intervention effect measuring • No follow-up • Seven subjects improved significantly on MIS score
Liu et al <sup>66</sup>	Patient series N=2 • Men, women • 66 and 65y • Acute phase (13 and 12d poststroke)	• MP combined with overt movement - Experimental group • Therapy as usual + daily MP sessions (structured by repetitions not time) • Rehearsing reach and grasp tasks • Two-week intervention period • Task: reaching and grasping a cup • MP tasks were <u>standardized</u> for all patients • MP by self-regulation principles and imagery processes • Experimental group - Daily imagery - First week: analyzing task sequences (motor planning) - Second week: problem identification through MI - Third week: practicing, OI was combined with MP • Three-week intervention period • Task: 15 trained functional tasks incl. household, cooking and shopping tasks, <u>standardized</u> for all patients • First week: easy tasks such as laundry folding, third week: shopping, taking transportation • Patients were trained in MP • MP by tape • Experimental - Imagery by tape: 2x at home, 2x in the clinic - Content tape: 2–5min relaxation, 10min MP, 3min of refocusing - OT 3x a week for 1h • Six-week intervention period ADLs using affected arm, <u>standardized</u> • Three versions: 1 for every 2wk (reaching for a cup, turning a page, grasping from a high shelf) • OT 3x a week for 1h	• Physical functioning: 3 subtests of the FMA • Performance on task: 7-point Likert scale; Attention control: CTT • Improved competence in performing the trained tasks and 5 new ones (carrying over effect) • Once a pretest and once a posttest after 3wk therapy • Follow up: 1mo afterward: the 5 tasks of the 3rd week and 5 new ones • Less effect on FMA and CTT due to ceiling effects • Better results on most trained and untrained task performance after 3wk and at follow-up
Page et al <sup>67</sup>	Single case report N=1 • Man • 56y • Postacute phase (5mo poststroke)	• MP combined with overt movement - Experimental group • Therapy as usual + daily MP sessions (structured by repetitions not time) • Rehearsing reach and grasp tasks • Two-week intervention period • Task: reaching and grasping a cup • MP tasks were <u>standardized</u> for all patients • MP by self-regulation principles and imagery processes • Experimental group - Daily imagery - First week: analyzing task sequences (motor planning) - Second week: problem identification through MI - Third week: practicing, OI was combined with MP • Three-week intervention period • Task: 15 trained functional tasks incl. household, cooking and shopping tasks, <u>standardized</u> for all patients • First week: easy tasks such as laundry folding, third week: shopping, taking transportation • Patients were trained in MP • MP by tape • Experimental - Imagery by tape: 2x at home, 2x in the clinic - Content tape: 2–5min relaxation, 10min MP, 3min of refocusing - OT 3x a week for 1h • Six-week intervention period ADLs using affected arm, <u>standardized</u> • Three versions: 1 for every 2wk (reaching for a cup, turning a page, grasping from a high shelf) • OT 3x a week for 1h	• Physical functioning: FMA, ARAT, STREAM • Baseline twice, 2wk later once and a posttest after 6wk therapy • No follow up • Decrease of impairment (slight FMA improvement) • Functional arm improvement (ARAT improvement grip and grasp items: STREAM improvement 6/10 items)
Dickstein et al <sup>68</sup>	Single case report N=1 • Man • 69y • Postacute phase (100d poststroke)	• MP combined with overt movement - Experimental group • Therapy as usual + daily MP sessions (structured by repetitions not time) • Rehearsing reach and grasp tasks • Two-week intervention period • Task: reaching and grasping a cup • MP tasks were <u>standardized</u> for all patients • MP by self-regulation principles and imagery processes • Experimental group - Daily imagery - First week: analyzing task sequences (motor planning) - Second week: problem identification through MI - Third week: practicing, OI was combined with MP • Three-week intervention period • Task: 15 trained functional tasks incl. household, cooking and shopping tasks, <u>standardized</u> for all patients • First week: easy tasks such as laundry folding, third week: shopping, taking transportation • Patients were trained in MP • MP by tape • Experimental - Imagery by tape: 2x at home, 2x in the clinic - Content tape: 2–5min relaxation, 10min MP, 3min of refocusing - OT 3x a week for 1h • Six-week intervention period ADLs using affected arm, <u>standardized</u> • Three versions: 1 for every 2wk (reaching for a cup, turning a page, grasping from a high shelf) • OT 3x a week for 1h	• Physical functioning: Walking speed, ROM knee with Ariel Performance Analysis System, Tinetti ambulation scale for observational gait analysis • 2 weeks (t0) and 1 day (t1) prior to intervention, 3wk (t3 midterm evaluation), t4 end of intervention period • t5 6wk after practice termination follow-up • Improvement on gait speed and ROM of knee. No improvement on gait symmetry

Abbreviations: ADLs, activities of daily living; ARAT, Action Research Arm Test; CTT, Color Trail Test; FLP, Functional Limitations Profile; FMA, Fugl-Meyer Assessment; HADS, Hospital Anxiety and Depression Scale; MAL, Motor Activity Log; MI, mental imagery; MP, mental practice; OT, occupational therapy; RLOC, Recovery Locus of Control Scale; TOEA, Test of Everyday Attention.



## **Capitolo 5**

### **Discussione e conclusioni**

#### **5.1 Discussione**

Come analizzato nei precedenti capitoli, per quanto la motor imagery sembri essere una valida strategia riabilitativa e nonostante vi sia una grande quantità di articoli scientifici al riguardo, ancora non si è giunti a un'evidente e globalmente riconosciuta conclusione.

Tra i limiti presenti, sicuramente uno dei più importanti è il reporting dei dati. Pochissimi studi hanno descritto nel dettaglio i protocolli di trattamento utilizzati, rendendo impossibile (se non contattando direttamente gli autori) analizzare ed eventualmente riproporre il medesimo setting riabilitativo (perdendosi così anche una delle più importanti caratteristiche di una pratica basata sulle evidenze, la ripetibilità dello studio). A questo proposito, era mia intenzione individuare, in funzione delle evidenze scientifiche, un protocollo riabilitativo attuabile in campo ospedaliero/extraospedaliero (dopo un primo periodo di addestramento), per poter dare modo alle persone assistite di proseguire l'attività di recupero, anche all'infuori delle ore trascorse con i fisioterapisti, e favorire quindi la loro proattività, la loro iniziativa, il loro empowerment. Purtroppo, questa opportunità è scemata a causa della scarsità di informazioni reperibili in merito alle caratteristiche degli interventi proposti dai vari autori.

Ancora, sembrano essere sempre privilegiati gli studi che sostengano l'efficacia del trattamento rispetto a tutti gli altri. Andando ad analizzare gli articoli citati dalle revisioni sistematiche, si nota la quasi costante presenza dei medesimi articoli e dei medesimi autori in quasi tutte le fonti secondarie: delle 5 revisioni sistematiche maggiormente analizzate, riguardanti l'efficacia della motor imagery nel trattamento del paziente a seguito di ictus, 4 si rifanno all'articolo di Page et al. del 2005, 3 agli articoli di Page et al. del 2000 e del 2001 e di Liu et al. del 2004. Poche revisioni sistematiche (Braun et al.; 2013) trattano l'argomento del Bias di pubblicazione.

Tenendo bene a mente i limiti riportati nel precedente capitolo sui materiali e metodi, vengono qui proposte le principali problematiche riscontrate dagli autori e i suggerimenti indicati per gli studi futuri.

Secondo Zimmermann-Schlatter et al. (2008)<sup>7</sup>, la revisione da loro proposta non è in grado di rispondere a domande riguardanti il giusto timing in cui applicare il protocollo di motor imagery dopo stroke a causa della differenza di caratteristiche dei pazienti e non è in grado di dare indicazioni riguardanti la durata dell'intervento e la frequenza ottimali. Gli autori

raccomandano, per gli studi futuri, un maggior rigore metodologico, la selezione di un campione più ampio e un follow-up adeguatamente lungo.

Nilsen et al. (2010) <sup>8</sup> sottolineano il fatto che ulteriori indagini siano da portare avanti, in particolare per comprendere quali persone possano godere maggiori benefici dalla motor imagery, se i benefici dati dalla pratica mentale si mantengano nel tempo, quale sia la dose ottimale di pratica mentale e il rapporto tra questa e la pratica fisica, necessarie per ottenere un effetto positivo

Malouin et al. (2013) <sup>9</sup> raccomandano di registrare il contenuto e la quantità dei regimi di allenamento (sia mentale che fisico) per comprendere meglio la correlazione dose-risposta, di reclutare pazienti che siano in grado di mettere in pratica l'immaginazione mentale, di utilizzare strumenti di misurazione in grado di valutare questa capacità e di selezionare valide misure di outcome.

Tong et al. (2017) <sup>11</sup> suggeriscono, per gli studi futuri, di classificare i pazienti in funzione della specifica lesione riportata, in modo da poter studiare l'intervento più appropriato alla singola persona.

Per Braun et al. (2013) <sup>15</sup> è molto importante cercare di individuare strumenti in grado di identificare la capacità delle persone di creare l'immagine mentale di una data azione. Raccomandano anche di valutare, non solo l'effetto fisico, ma anche emozionale e cognitivo dell'intervento riabilitativo (più si riesce a stimolare la sfera emotiva, più l'intervento pare essere significativo per il soggetto).

Per Li et al (2017) <sup>16</sup> mettono in luce la mancanza di consenso su una definizione di immagine motoria e un protocollo standardizzato.

Secondo Braun et al. (2006) <sup>18</sup>, gli studi futuri dovrebbero concentrarsi su una standardizzazione maggiore degli outcomes per rendere possibile lo svolgimento di un'appropriata meta-analisi e consentire una generalizzazione dei risultati.

Da notare che, per quanto riferito in alcuni studi, pochi autori si sono preoccupati di indagare la regione cerebrale interessata da ictus dei pazienti inclusi nei campioni. Nel capitolo introduttivo sulla motor imagery si è parlato di quali lesioni a strutture del sistema nervoso centrale possano andare a impedire o a ridurre la capacità di una persona di creare l'immagine mentale di un'azione motoria. Se, negli studi futuri, si provasse a considerare maggiormente l'aspetto anatomico-fisiologico alla base del processo di immaginazione motoria, forse si riuscirebbe a ridurre quella eterogeneità di risultati, garantendo anche una maggior appropriatezza della cura in base al tipo di insulto ricevuto.



## **5.2 Conclusioni**

Nonostante la grande quantità di letteratura scientifica disponibile in merito all'argomento trattato, la reale efficacia della motor imagery nel trattamento riabilitativo dei pazienti a seguito di stroke non si può ancora desumere.

Se, da una parte, parrebbe essere un intervento in grado di dare buoni risultati in ambito riabilitativo, soprattutto se affiancato alle tradizionali metodiche fisioterapiche, dall'altra non si può ancora generalizzare alla popolazione la sua validità a causa della grandissima eterogeneità presente negli studi.

I grandi vantaggi che questa materia potrebbe portare, a livello economico e clinico, ne fanno certamente un punto di interesse.

Ulteriori studi, con maggiore rigore metodologico, vanno portati avanti per cercare di giungere a una conclusione generalizzabile.



## Bibliografia e sitografia

1. Ministero della Salute: “Malattie cardiovascolari” 2013 [online]; disponibile: [http://www.salute.gov.it/portale/salute/p1\\_5.jsp?lingua=italiano&id=28&area=Malattie\\_cardiovascolari](http://www.salute.gov.it/portale/salute/p1_5.jsp?lingua=italiano&id=28&area=Malattie_cardiovascolari) (20/08/2018);
2. SPREAD – Stroke Prevention and Educational Awareness Diffusion Ictus cerebrale: Linee guida italiane di prevenzione e trattamento;
3. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell; Principi di neuroscienze; 2003; terza edizione; pag 317-320;
4. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell; Principi di neuroscienze; 2003; terza edizione; pag 1289-1296;
5. Roberto Piperno. Medicina Fisica in Riabilitazione Neurologica 2011-2012;
6. S. Filoni, V. Simone, A. Russo, M. P. lo Muzio, G. Cassatella, A. Minerva, L. de Palma, A. Santamato, P. Fiore; Utilizzo della motor imagery e della motor observation nella riabilitazione post-ictus;
7. Andrea Zimmermann-Schlatter, Corina Schuster, MiloAPuhan, Ewa Siekierka and Johann Steurer; Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review; Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2008, Vol 5;
8. Dawn M. Nilsen, Glen Gillen, Andrew M. Gordon; Use of Mental Practice to Improve Upper-Limb Recovery After Stroke: A Systematic Review; American Journal of Occupational Therapy 2010, Vol 64, 695–708;
9. Francine Malouin, Philip L. Jackson and Carol L. Richards; Towards the integration of mental practice in rehabilitation programs. A critical review; Frontiers in Human Neuroscience 2013; Vol 7;
10. Kathleen A. Garrison, MSc, Carolee J. Winstein, PhD, and Lisa Aziz-Zadeh, PhD; The Mirror Neuron System:A Neural Substrate for Methods in Stroke Rehabilitation; Neurorehabilitation and Neural Repair, 2010, Vol 24(5), 404-412;
11. Yanna Tong, John T. Pendy Jr., William A. Li, Huishan Du, Tong Zhang, Xiaokun Geng, Yuchuan Ding; Motor Imagery-Based Rehabilitation: Potential Neural Correlates and Clinical Application for Functional Recovery of Motor Deficits after Stroke; Aging and Disease 2017, Vol 8, 364-371;
12. Sébastien Héту, Mathieu Grégoire, Arnaud Saimpont, Michel-Pierre Coll, Pierre-Emmanuel Michon,PhilipL.Jackson, Fanny Eugène; The neural network of motor

- imagery: An ALE meta-analysis; *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2013, Vol 37; 930–949;
- 13.** Franck Di Rienzo, Christian Collet, Nady Hoyek, Aymeric Guillot; Impact of Neurologic Deficits on Motor Imagery: A Systematic Review of Clinical Evaluations; *Neuropsychology Review* 2014;
  - 14.** Kerry McInnes, Christopher Friesen, Shaun Boe; Specific Brain Lesions Impair Explicit Motor Imagery Ability: A Systematic Review of the Evidence; *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2016; Vol 97:478-489;
  - 15.** Susy Braun, Melanie Kleynen, Tessa van Heel, Nena Kruithof, Derick Wade and Anna Beurskens; The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis; *Frontiers in Human Neuroscience* 2013; Vol 7;
  - 16.** Rong-Qing Li, Zhuang-Miao Li, Jing-Yu Tan, Gu-Lan Chen, Wen-Ying Lin; Effects of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: A quantitative synthesis of randomized controlled trials; *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2017, Vol 28, 75-84;
  - 17.** Barclay-Goddard RE, Stevenson TJ, Poluha W, Thalman L; Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke (Review); 2011;
  - 18.** Susy M. Braun, MSc, Anna J. Beurskens, PhD, Paul J. Borm, PhD, Thomas Schack, PhD, Derick T. Wade, MD; The Effects of Mental Practice in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review; *Arch Phys Med Rehabil* 2006; Vol 87.